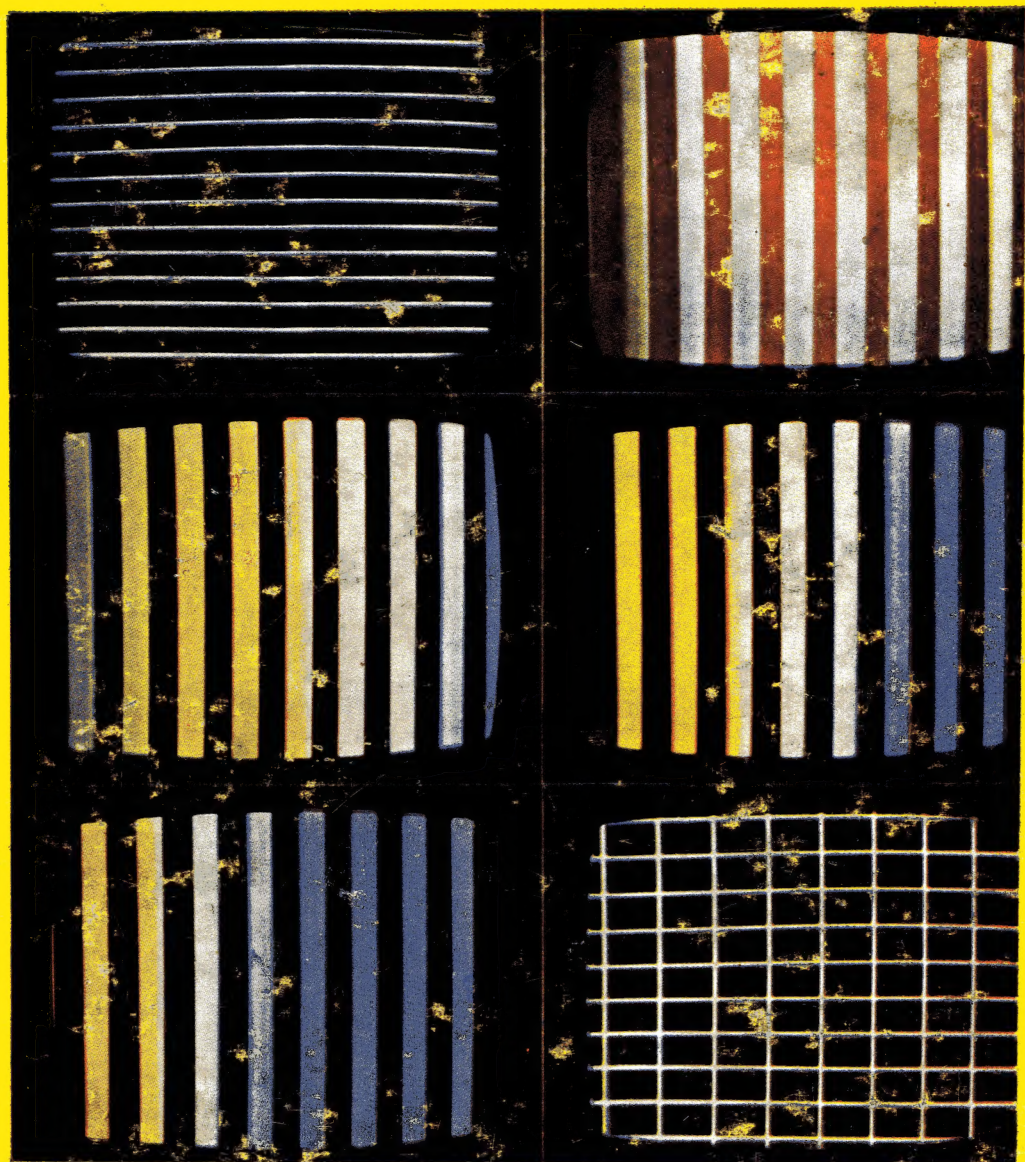


# التلفزيون الملون والأسود



المكتبة الحديثة - بيروت مكتبة النهضة - بغداد



يو . كوستيكوف ، ف . كريجانوفسكى

# التلفزيون بعضه الملون والأسود

ترجمة  
الدكتور فى الهندسة عصام مخايل

المكتبة الحديثة . بيروت مكتبة النهضة . بغداد





## مقدمة

ان التلفزيون هو فن الرؤية عن بعد بواسطة اجهزة وقنوات اتصال . ويمكن بفضل ان نرى صور الاشياء المتحركة وغير المتحركة التي لا يمكن ان نراها بالوسائل البصرية لكونها عادة بعيدة جدا عن مكان المشاهدة . والتلفزيون مبنى على اساس ثلاث عمليات فيزيائية هامة هي : تحويل الطاقة الضوئية المنبعثة عن المنظر او الصورة المرسل الى اشارة كهربائية ، وارسال هذه الاشارة عبر قنوات الاتصال الكهربائي ، ثم تحويل الاشارة المستقبلية الى صورة ضوئية .

والتلفزيون هو بلا شك من اروع منجزات العقل البشرى . وقد بلغ اليوم مستوى من التطور والانتشار ، جعله من فروع التكنولوجيا التي لا يمكن تصور الحياة العصرية بدونها . وبفضل الجهد الكبير الذي بذله العديد من العلماء والمهندسين والمخترعين الذين يشغل بينهم السوفييتيون مكانة مشرفة للغاية خطى علم التلفزيون خلال حقبة قصيرة من الزمن لا تتعدى اربعة عقود منذ اول ارسال تلفزيونى تجريبى ، خطوات واسعة ، فقد اضحى التلفزيون فى الاتحاد السوفييتى ، الى جانب الاذاعة والسينما ، وسيلة من اكثر وسائل التربية السياسية والثقافية والفنية جماهيرية وشعبية .

وتشمل شبكة الارسال التلفزيونى فى الاتحاد السوفييتى ما يزيد عن الف محطة ، وتغطى من مساحته الشاسعة منطقة يقطن فيها حوالى ٧٠ ٪ من السكان . ويبلغ عدد اجهزة الاستقبال التلفزيونى اكثر من ٤٠ مليوناً . ويتم بث برامج محطة التلفزيون المركزية فى الاتحاد السوفييتى الى المحطات الاخرى ، كما يجرى تبادل البرامج بين المحطات المختلفة بواسطة شبكة من الكابلات وخطوط الارجال اللاسلكى . وقد استحدثت فى عام ١٩٦٧ من اجل ذلك ايضا منظومة من محطات الاستقبال « اريتا » ( المدار ) التي

تستقبل البرامج التلفزيونية عن طريق الاقمار الاصطناعية «مولنيا» (البرق) لتؤمن وصولها الى مناطق الاتحاد السوفيتى البعيدة . وهكذا يتمكن اهالى هذه المناطق من مشاهدة برامج التلفزيون المركزية ، شأنهم فى ذلك شان سكان موسكو . ولقد باشرت محطة التلفزيون المركزية فى عام ١٩٦٧ بارسال البرامج الملونة ايضا .

وقد وجد فن التلفزيون انتشارا واسعا ، ليس فى مجال الاذاعة التلفزيونية وحسب ، بل وفى مجال التلفزيون التطبيقى ايضا ، اذ يستخدم فى شتى مجالات الاقتصاد الوطنى كوسيلة للمراقبة والتحكم والاتصالات والتعليم . ويؤدى التلفزيون دورا بارزا فى ابحاث الفضاء وفى مجال استخدام الطاقة الذرية للاغراض السلمية .

وستفتح امام التلفزيون افاق واسعة . فليس بعيدا ذلك اليوم الذى نجد فيه محطات التلفزيون وهى لا تبث برامجها الملونة فقط ، بل سيكون بوسعك بعد فترة زمنية ابعد ان تجلس امام جهاز التلفزيون لترى على شاشته فلما مجسما . وسوف تتيح نجاحات تكنولوجيا الاجهزة اللاسلكية امكانية صناعة اجهزة تلفزيون ذات شاشات مستوية من اشباه الموصلات ، مما سينجعلها اكثر كفاءة واسهل صيانة . وسوف لن يكون العدد القليل من البرامج المحلية التى تستقبلها اجهزة التلفزيون المنزلية على الموجات المترية والديسيمترية كافيا لسد رغبات الانسان ، بل سيكون بوسعه مشاهدة عدد اكبر من البرامج بعد ان تصبح هذه الاجهزة قادرة على استقبال برامج المحطات البعيدة مباشرة عن طريق الاقمار الاصطناعية . وسوف يشجع استخدام اجهزة التسجيل المرئى فى الحياة اليومية ، كما شاع فى الاستوديوهات . وسيستع ايضا نطاق استخدام التلفزيون لاعطاء الدروس « فى المنازل » .

ويستفيد التلفزيون العصرى من منجزات شتى مجالات المعرفة ، ومن بينها هندسة الاضاءة ، البصريات الهندسية والالكترونية ، فيزيولوجيا الابصار ، الكهرباء الضوئية ، هندسة الصمامات الالكترونية ، هندسة الاتصال اللاسلكية والسلكية ، هندسة النبضات وغيرها . وبناء على مبادئ مجالات المعرفة هذه قامت الاسس العلمية والتكنولوجية للتلفزيون التى كرس لدراستها لهذا الكتاب .

## الفصل الأول

# مبادئ هندسة الاضاءة وفيزيولوجيا الابصار

### البند ١-١ مبادئ هندسة الاضاءة

لا بد قبل دراسة الاسس العلمية والتكنولوجية للتلفزيون من دراسة بعض موضوعات الضوء .

ان الضوء هو شكل من اشكال الطاقة المغنطيسية الكهربائية . وهو لا يشغل من الطيف الواسع للموجات الكهرومغنطيسية الموجودة في الطبيعة ( الشكل ١-١ ) الا جزءا ضيقا محصورا بين ٠,٤ و ٠,٧٦ ميكرون\* ، اذ ان هذا الجزء من الطيف فقط قادر على التأثير على عين الانسان مسببا الاحساس بالضوء . ولكن تأثر العين بالاشعاعات الضوئية التي تشغل ذلك النطاق الضيق ( الجزء المرئي من طيف الذبذبات الكهرومغنطيسية ) يختلف باختلاف طول الموجة .

اولا : يختلف لون الضوء باختلاف طول موجته ، كما يبين الجدول ١-١ الذي يعطى متوسط طول موجة كل جزء من اجزاء الطيف المناظرة للالوان « الرئيسية » السبعة .

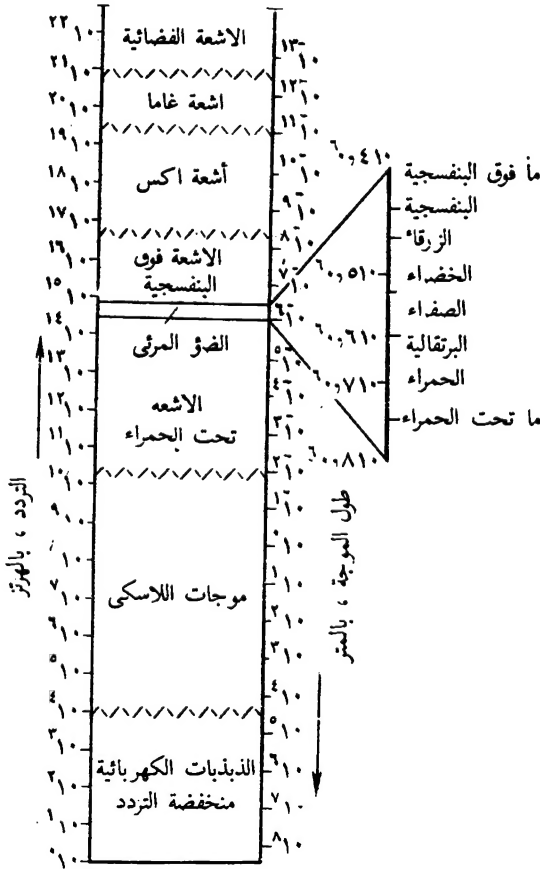
الجدول ١-١

طول الموجة (بالميكرون)	٠,٦٦٥	٠,٦٢٠	٠,٥٧٠	٠,٥٢٠	٠,٤٧٠	٠,٤٤٠	٠,٤٢٥
اللون	احمر	برتقالى	اصفر	اخضر	ازرق مخضر	ازرق (نيلى)	بنفسجى

\* الميكرون هو جزء من الف من المليمتر .

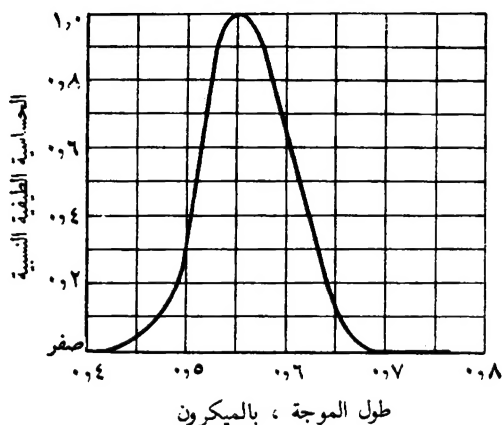
ثانيا : اذا اختلفت الاشعاعات الضوئية المتساوية القدرة باطوال موجاتها ، فهي تختلف بشدة تأثر العين بها والانطباع الذى تكونه العين عن قوة الضوء .  
يعنى ان حساسية العين للاشعاع الضوئى تختلف باختلاف المكان الذى يشغله فى الطيف .

وبين الشكل ١ - ٢ منحى الحساسية الطيفية النسبية للعين ( منحنى الرؤية ) ، وهو يحدد حساسية العين لكل موجة بالنسبة الى حساسيتها العظمى ، وهى الحساسية للاشعة الخضراء المصفرة . وهكذا يوضح الشكل ان حساسية العين للموجتين ٥١٠ و ٦٦٠ ميكرون اقل من الحساسية العظمى بمرتين .



الشكل ١ - ١ . طيف المذبذبات الكهرومغناطيسية

ولكن الضوء ليس عبارة عن موجات صرفة ، اذ ان تفسير بعض الظواهر الضوئية يتطلب اعتبار الضوء مؤلفا من جسيمات من نوع خاص تسمى كمات الضوء او الفوتونات . وتتحدد طاقة الفوتون حسب نظرية الكم بتردد الاشعاع



الشكل ١ - ٢ . منحنى الحساسية الطيفية النسبية للعين

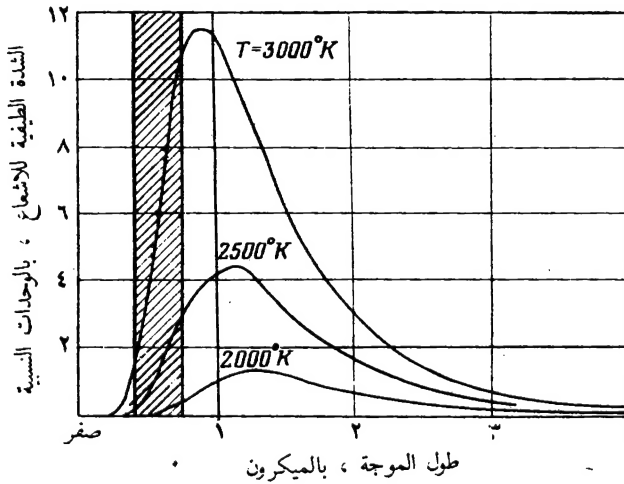
وتتناسب معه طرديا . وهكذا تسمح نظرية الكم بتفسير ظواهر عديدة ، منها ظواهر اشعاع وامتصاص الضوء .

وتتحدد شدة الاحساس بالاشعاعات الضوئية بعدة كميات ، نستعرضها فيما يلي :

١ - التدفق الضيائي ، وهو يحدد قدرة الاشعاع المرئي مع مراعاة الحساسية الطيفية للعين . ويقاس التدفق الضيائي بوحدة تسمى اللومن ، ويكون التدفق الضيائي مساويا ٦٨٠ لومن اذا كان منبعثا من مصدر ضوء قدرته واط واحد ، يحولها بكاملها الى ضوء وحيد الموجة (احادى اللون) طول موجته ٠,٥٥٥ ميكرون . اما اذا كان مصدر الضوء يحول قدرته بكاملها الى ضوء ، تختلف طول موجته عن ٠,٥٥٥ ميكرون ، فان التدفق الضيائي الذى ينتج عن اشعاع واط واحد يكون فى هذه الحالة مساويا لحاصل ضرب ٦٨٠ لومن فى الحساسية النسبية للعين لموجة الاشعاع . وهكذا يكون التدفق

الضيايى الذى يعطيه واط واحد من موجة طولها ٠,٦٢ ميكرون ( اشعاع برتقالى ) مساويا  $٠,٤ \times ٦٨٠ = ٢٧٢$  لومن .

اما ضوء الشمس الذى يتألف من اشعاعات ذات اطوال موجية مختلفة ، فكل واط منه يعطى تدفقا ضياييا مساويا ١٢٠ لومن . وكذلك لا يكون اشعاع اغلب مصادر الضوء العادية احادى اللون ، ولا ينحصر طيف اشعاع هذه المصادر فى نطاق الضوء المرئى ، بل يمتد بعيدا خارج هذا النطاق ( الشكل ١-٣ ) . ولذلك يتكون التدفق الضيايى لهذه المصادر من نسبة صغيرة من



الشكل ١-٣ . التوزع الطيفى لاشعاع فتيلة التنجستين. المتوهجة ( الجزء المظلل هو نطاق الطيف المرئى )

قدرتها الاشعاعية . وهكذا يتكون التدفق الضيايى للمصابيح المتوهجة ( مصابيح التنجستين ) من ٣ ٪ فقط من اشعاعها .

٢- الشدة الضيايية ، وهى عبارة عن التدفق الضيايى الذى يشعه مصدر الضوء فى اتجاه معين ضمن وحدة الزوايا المجسمة ، اى اذا كان مصدر الضوء يشع فى اتجاه معين تدفقا مقداره  $\Delta\Phi$  ضمن زاوية مجسمة مقدارها  $\Delta\Omega$  ، فان الشدة الضيايية تساوى :

$$I = \frac{\Delta\Phi}{\Delta\Omega} \quad (1.1)$$

وتقاس الشدة الضيائية بوحدة تسمى الشمعة أو الكنديلا ، وتساوى شمعة واحدة اذا كان مصدر الضوء يشع تدفقا ضيائيا قدره لومن واحد ، موزع بانتظام ضمن زاوية نصف قطرية مجسمة \* (steradian) .  
ويعتبر مصدر الضوء نقطيا اذا كان يشع التدفق الضيائي من نقطة واحدة الى جميع الجهات على التساوى . وطالما ان الزاوية المجسمة المحيطة بنقطة تساوى  $4\pi$  ، فان الشدة الضيائية للمصدر النقطي الذى يشع تدفقا مقداره  $\Phi$  تساوى :

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} \quad (1.2)$$

الا ان غالبية مصادر الضوء لا يمكن ان تعتبر مصادر نقطية ، وتختلف شدتها الضيائية باختلاف الاتجاه الذى ترى منه . واذا كان مصدر الضوء هو عبارة عن سطح مستوى مضئ ( مثل شاشة التلفزيون ) ، فان الشدة الضيائية تختلف حسب الاتجاه وفقا لقانون لامبرت :

$$I = \frac{\Phi}{\pi} \cos \alpha = I_0 \cos \alpha \quad (1.3)$$

حيث  $I_0$  هى الشدة الضيائية فى الاتجاه العمودى على السطح المضئ ، بينما  $\alpha$  هى الزاوية المحصورة بين اتجاه النظر الى السطح والاتجاه العمودى على هذا السطح .  
وتدل العلاقة ( 1.3 ) ان الشدة الضيائية تقل كلما انحرف اتجاه المشاهدة عن الاتجاه العمودى ( $\alpha = 0$ ) ، الذى تكون فيه للشدة الضيائية قيمة عظمى . وتساوى الشدة الضيائية القصوى :

$$I_0 = \frac{\Phi}{\pi} \quad (1.4)$$

---

\* الزاوية نصف القطرية المجسمة هى زاوية مجسمة تقطع من سطح الكرة التى يقع رأس الزاوية فى مركزها مساحة تساوى مربع نصف القطر ( $R^2$ ) . وطالما ان سطح الكرة كله يساوى  $4\pi R^2$  ، فان الزاوية المجسمة التى تشمل كل الفضاء تساوى  $4\pi$  steradian ،  $\frac{4\pi R^2}{R^2}$  ، اى تزيد بنسبة  $4\pi$  عن الزاوية نصف القطرية المجسمة .

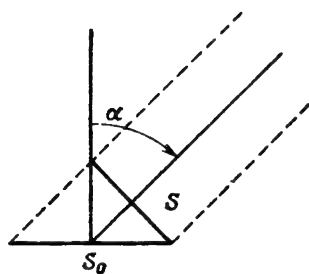


٣- النصوع : هو عبارة عن الشدة الضيائية التى يشعها ١ م<sup>٢</sup> من سطح مصدر الضوء . فاذا كانت الشدة الضيائية لمصدر من مصادر الضوء هى  $I$  ومساحته هى  $S$  ، فان النصوع يساوى :

$$B = I/S \quad (1.5)$$

ويقاس النصوع بوحدة تسمى النيت او الشمعة/م<sup>٢</sup> ، وهى عباة عن نصوع سطح مضئ يشع كل م<sup>٢</sup> منه شدة ضيائية مقدارها شمعة واحدة .

وتتميز المصادر التى تحقق قانون لامبرت بأن نصوعها لا يعتمد على الاتجاه ، بخلاف شدتها الضيائية ، لأن الشدة الضيائية تقل بموجب القانون  $I = I_0 \cos \alpha$  كلما انحرف اتجاه النظر عن الاتجاه العمودى على السطح (الشكل ١ - ٤)



الشكل ١ - ٤ . الابعاد الظاهرية لسطح مضئ يشاهد بزاوية  $\alpha$  وتقل فى نفس الوقت الابعاد الظاهرية للسطح الذى يبدو وكأن مساحته تساوى

$S = S_0 \cos \alpha$  ، فيبقى النصوع ثابتا مهما تغير الاتجاه:

$$B = \frac{I}{S} = \frac{I_0 \cos \alpha}{S_0 \cos \alpha} = \frac{I_0}{S_0} \quad (1.6)$$

ويبين الجدول ١ - ٢ قيم نصوع بعض مصادر الضوء التى تصادف عمليا .

٤- الاستضاءة : ان الشدة الضيائية والنصوع هما كميتان مميزتان

للمصادر التى تشع الضوء بنفسها ولكن اغلب الاجسام التى تحيط بنا لا تشع الضوء بنفسها ، ونراها بفضل انعكاس ضوء مصادر الانارة عنها . وتميز استضاءة هذه الاجسام بمقدار التدفق الضيائى الذى يسقط على وحدة سطحها . فاذا كان سطح الجسم المضاء يساوى  $S$  ، واذا كان ينار بانتظام بتدفق ضيائى مقداره  $\Phi$  ، فان الاستضاءة تساوى :

$$E = \Phi/S \quad (1.7)$$

النوع (شمعة/م <sup>٢</sup> )	مصادر الضوء
١٠٠-٣٠	شاشة جهاز التلفزيون
٨٠٠٠-٣٠٠٠	لهب الشمعة
١٠٠٠٠-٥٠٠٠	المصابيح الفلورية ( الفلورستية )
٣-٢ مليون	فتيلة مصباح التنجستين
٢٠٠٠-١٠٠٠ مليون	شمس الظهيرة

وتقاس الاستضاءة بوحدة تسمى اللوكس . واللوكس هو عبارة عن استضاءة سطح مساحته ١ م<sup>٢</sup> عندما يضاء بانتظام بتدفق ضيائي مقداره لومن واحد . هذا وان اقل استضاءة تكفى للقراءة هي حوالى ٢٠ لوكس ، بينما تبلغ الاستضاءة التى تحدثها اشعة الشمس مباشرة حوالى ١٠٠٠٠٠ لوكس .

وينعكس الضوء عن اغلب الاجسام انعكاسا انتشاريا ( اى فى شتى الجهات ) ، بخلاف انعكاسه عن المرايا . واذا كان انعكاس الضوء عن السطوح الملساء ( المعادن المصقولة مثلا ) ، يتم وفقا لقانون الانعكاس عن المرايا الذى ينص على ان زاوية الانعكاس تساوى زاوية السقوط ، فان الانعكاس الانتشارى ( الانعكاس عن السطوح غير اللماعة ) يتميز بأن الضوء المنعكس يتنشر فى جميع الاتجاهات على التساوى . وتسمى نسبة التدفق الضيائي المنعكس  $\Phi_r$  الى التدفق الضيائي الساقط  $\Phi_i$  بمعامل الانعكاس  $\rho$  :

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_i} \quad (1.8)$$

وطالما ان السطح العاكس يمتص جزءا من الضوء الساقط عليه ، لذلك تكون  $\rho$  اقل من الواحد . ويبين الجدول ١ - ٣ قيم معامل الانعكاس  $\rho$  لبعض المواد التى ينعكس الضوء عنها انعكاسا انتشاريا .

المادة	ثلج	ورق ابيض	رمل	عشب	جوخ اسود	مخمل اسود
معامل الانعكاس	٠,٩٣	٠,٨-٠,٧	٠,٢٥	٠,١٥-٠,١	٠,٠٢-٠,٠١	-٠,٠٠٤ ٠,٠١

ويمكن ان يعتبر السطح العاكس للضوء مصدرا للضوء يشع تدفقا  $\Phi_r$  ويتحدد نصوعه ( في حالة الانعكاس الانتشاري ) من العلاقتين ( 1.4 ) ، ( 1.6 ) :

$$B = \frac{I_0}{S_0} = \frac{\Phi_r/\pi}{S_0} \quad (1.9)$$

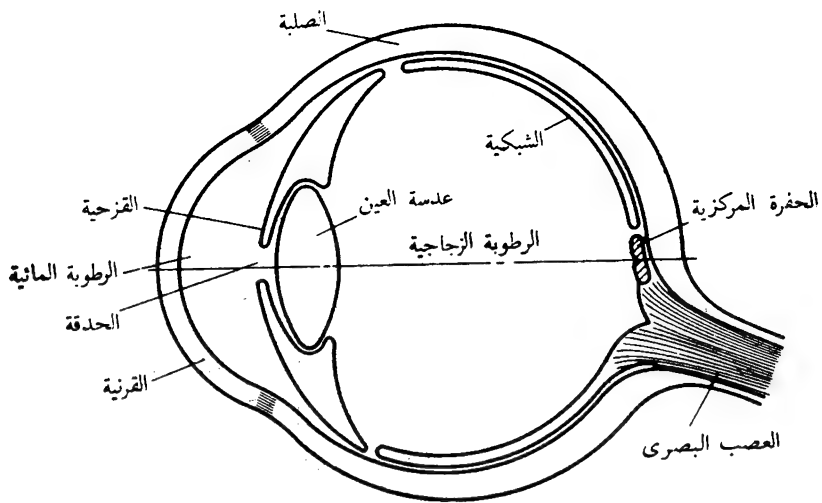
وبموجب ( 1.7 ) ، ( 1.8 ) :

$$B = \frac{\Phi_i \rho}{\pi S_0} = \frac{E \rho}{\pi} \quad (1.10)$$

## البند ١-٢ العين والابصار

١- تركيب العين : لكي نكون تصورا واضحا عن مبادئ التلفزيون ، لا بد من التعرف على تركيب عين الانسان ووظيفتها وخصائصها الاساسية .  
وبيين الشكل ١-٥ تركيب العين مبسطا .

ان مقلة ( كرة ) العين كروية الشكل ، تحيط بها عدة طبقات من الاغشية ، والطبقة الخارجية صلبة جدا ، وتسمى الصلبة ، وهي غير شفافة الا في جزئها الامامي حيث تتحول الى غشاء شفاف بارز بعض الشيء الى الامام يسمى القرنية . وبلى القرنية حيز مملوء بسائل شفاف يسمى الرطوبة المائية . ويفصله عن الحيز الآخر المملوء بالرطوبة الزجاجية غشاء معتم ذو لون يحدد لون عين الانسان ، وهو يسمى القزحية ، وتوجد في وسط القزحية فتحة تسمى الحدقة او البؤبؤ ، وهي تتوسع او تنقلص حسب شدة التدفق الضوئي الساقط على العين ، مما يمكن العين من التكيف ( التهير ) لمستويات



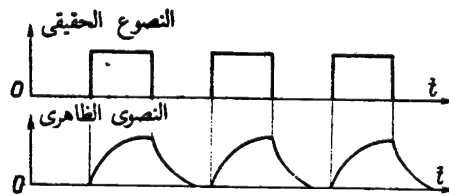
الشكل ١ - ٥ . تركيب عين الانسان

الاستضاءة المختلفة . ويوجد خلف القرنية جسم شفاف ، شبيه بعدسة محدبة الوجهين ، يسمى عدسة العين . ويتغير تحدب عدسة العين ، بقوة عضلات العين ، عند تحويل النظر من جسم الى آخر ، بحيث يتغير بعده البؤري لتبقى صورة الجسم المنظور مركزة على الشبكية ( غشاء العين الداخلي ) ، وذلك حتى اذا تغير بعد الجسم عن العين من ١٠ - ١٢ سم الى ما لانهاية . وتسمى خاصية العين هذه بالتكيف بالنسبة الى المسافة . اما الشبكية ، فهي عبارة عن غشاء يتفرع من العصب البصري ويحتوى على نهايات عصبية من نوعين : المخاريط والقضبان . وتتميز المخاريط بانها حساسة للضوء وللألوان ، بينما القضبان حساسة للضوء فقط . والمخاريط مركزة بصورة رئيسية في الجزء الاوسط من الشبكية ، وخاصة فيما يسمى بالحفرة المركزية التي تبلغ ابعادها حوالى ٠,٤ مم ، او ما يعادل ابعاد صورة جسم زاوية مشاهدته تساوى حوالى ١,٣° ويتصل كل مخروط عادة بليف عصبى واحد ، ينقل الإحساسات الى الدماغ . اما القضبان فهي مركزة في اطراف الشبكية ، ويتصل عادة عدد كبير منها ( حتى ١٠٠ قضيب ) بليف عصبى واحد . وهذا يجعل القضبان اكثر حساسية من المخاريط ، ولكن يجعلها اقل قدرة على تمييز التفاصيل .

ولذلك ، فان العين تتجه بصورة غريزية بحيث تتركز صورة الجسم المنظور او تفاصيله الدقيقة على الحفرة المركزية .

٢- قدرة التحليل : ان العين تستطيع ان تميز بين نقطتين من جسم تشاهده ، اذا كانتا قريبتين الى بعضهما للدرجة ان صورتيهما على الشبكية تتكونان على مخروط واحد . ويمكن ان تميز العين بين نقطتين مضبئتين اذا كانتا بعيدتين عن بعضهما بعدا كافيا ، لكي تكون صورتاهما على الشبكية مركبتين على مخروطين يفصل بينهما مخروط واحد آخر على الاقل . وتسمى اقل زاوية ، يمكن ان نرى ضمنها نقطتين على حدة ، زاوية التبين او زاوية التحليل . هي تختلف من عين الى اخرى ، وتتغير حسب ظروف المشاهدة ، وتساوى في حالة الاضاءة الجيدة حوالى دقيقة زاوية واحدة . وكلما صغرت زاوية التبين ، كانت العين اكثر قدرة على تبين او تحليل تفاصيل الصورة الدقيقة ، ولذلك فان المقدار المساوى لمعكوس زاوية التبين يسمى قدرة التبين او قدرة التحليل .

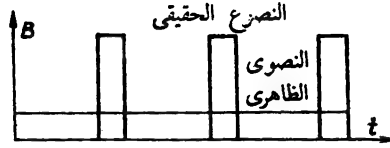
٣- مداومة الابصار . ان التفاعلات الكيميائية التى تجرى فى مخاريط وقضبان العين بتأثير الضوء لا يمكن ان تتم لحظيا . ولذلك فان العين لا تحس بتأثير الضوء فورا ، كما انها لا تستطيع ان تحس بانقطاع الضوء فورا ، وهذا يعنى ان الاحساس البصري يتميز بقصور ذاتى او بمداومة الابصار .



الشكل ١- ٦ . تغير الاحساس بالضوء عندما تسقط على العين نبضات (ومضات) مربعة أو مستطيلة

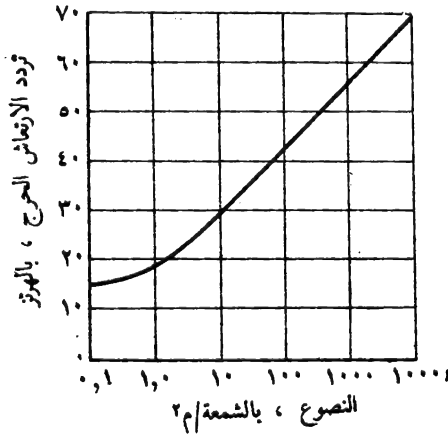
يبين الشكل ١- ٦ كيف يتغير الاحساس بالضوء ، مع الزمن بتأثير نبضة (ومضة) مربعة من الضوء . فاذا كانت ومضات الضوء تتعاقب ببطء نسبيا ، فان العين تحس بتلاؤ الضوء ، وبزيادة تردد الومضات نصل الى حالة ،

يستمر فيها تأثير العين بكل ومضة حتى مجيء الومضة التالية . وفي هذه الحالة تحس العين بارتعاش الضوء . ولكن اذا كان تردد الومضات اكبر من ذلك لدرجة كافية ، فان العين لاتحس بالارتعاش ، ويبدو مصدر الومضات كما



الشكل ١ - ٧ . النصوع الحقيقي والنصوع الظاهري  
لمصدر ضوء يومض بسرعة ، يتردد اعلى من التردد الحرج

لو كان مصدر ضوء ذا نصوع ثابت ، يساوي نصوعه القيمة الوسطى لنصوع الومضات (شكل ١ - ٧) . ويسمى التردد الذي يختفي عنده الاحساس بالارتعاش بتردد الارتعاش الحرج ، وهو يزداد بشدة بازدياد النصوع (شكل ١ - ٨) .



الشكل ١ - ٨ . العلاقة بين تردد الارتعاش الحرج ومصدر الومضات

## الفصل الثانى

# المبادئ الأساسية للتلفزيون

### البند ٢ - ١ خصائص ارسال الصور كهربائيا

يوجد بعض التشابه بين الارسال الكهربائى للصور والارسال الكهربائى للاصوات ، ولكن توجد اختلافات هامة بينهما ايضا .  
فمن المعروف اننا نسمع الاصوات بفضل الذبذبات الصوتية التى تنتشر فى الهواء حول مصادر الاصوات وتؤثر على غشاء الطبل فى الاذن . ولكى يتم ارسال الذبذبات الصوتية كهربائيا ، تحول هذه الذبذبات بواسطة ميكروفون الى ذبذبات كهربائية ، ترسل سلكيا أو لاسلكيا الى مكان الاستقبال ، حيث يقوم المجهار او سماعة التلفون بتحويل تلك الذبذبات الى ذبذبات صوتية من جديد .

ونرى الاشياء المحيطة بنا بفضل الضوء الذى تشعه أو تعكسه هذه الاشياء ، وتتأثر به العين . ولكى يتم ارسال صور هذه الاشياء يلزمنا قبل كل شىء ، وكما فى حالة ارسال الاصوات ، ان يكون لدينا « ميكروفون ضوئى » يحول الضوء الساقط عليه الى تيار كهربائى ، ويمكن ان تقوم بهذا الدور الخلية الكهرضوئية مثلا . وبالإضافة الى قناة الاتصال ، المشابهة لقناة ارسال الاصوات ، تلزمنا ايضا وسيلة تقوم مقام سماعة التلفون ، فتحول التيار الكهربائى الاتى الى جهاز الاستقبال الى ضوء . ويمكن ان يؤدي هذا الدور اى من مصادر الضوء الكهربائية : المصابيح المتوهجة ( مصابيح التنجستين ) ، المصابيح الغازية ( مصابيح أنيون ) ، والمصابيح الفلورسنتية وغيرها . الا ان هذه الطريقة المشابهة لطريقة ارسال الاصوات لا تسمح بارسال اى صوره ، وفي احسن الاحوال يمكن ان تسمح بارسال معلومات عن كون الشىء الذى نرغب فى تلفزته ( ارسال صورته ) نيرا ام قاتما . فاذا



كان نيرا ، فان الخلية الكهروضوئية الموضوعة امامه تعطى تيارا كبيرا يمر عبر قناة الاتصال ويسبب ضياء ساطعا للمصباح الكهربائي المستقبل . اما اذا كان ذلك الشئ قاتما ، فان الخلية الكهروضوئية تولد تيارا ضعيفا ، فيضىء المصباح بضعف . ولكن لن نحصل بهذه الطريقة على اية صورة ، ويمكن السبب فى الاختلاف الكبير بين ادراك اعضاء الحس للاصوات وادراكها للصور .

ويتلخص هذا الاختلاف فى ان الصوت مهما كان معقدا يؤثر على الاذن فى كل لحظة بضغط واحد محدد ، اما الضوء المنبعث عن الشئ المرئى ، مهما كان هذا الشئ بسيطا ، فهو يأتى الى العين بصورة مجموعة من الاشعة تؤثر فى آن واحد على الشبكية وتشكل صور مستقلة للنقاط التى يتألف منها ذلك الشئ . وقد ادى هذا الاختلاف الكبير بين السمع والبصر الى ان يكون ارسال الصور اعقد بكثير من ارسال الاصوات . فطالما اننا نحصل فى شبكية العين على صورة لكل نقطة من نقاط اللوحة او المنظر الذى ننظر اليه ، يلزمنا لارسال اللوحة او المنظر ، ان نعيد انتاج كل نقطة فى الطرف المستقبل بالوانها الطبيعية . ويمكن أن نكون تصورا عن اللوحة او المنظر اذا اعدنا انتاج كل نقطة من نقاط اللوحة او المنظر بلون واحد ، على ان نجعل الطاقة الضوئية لكل نقطة ( او نصوص هذه النقطة ) متناسبة مع الطاقة الضوئية التى تنعكس عن النقطة المناظرة فى الاصل ، مهما كان اللون الاصلى لهذه النقطة . وتسمى الصورة التى نحصل عليها فى هذه الحالة ، كالصورة التى نحصل عليها فى التصوير الضوئى العادى ، صورة سوداء وبيضاء .

وهكذا يمكن ارسال صورة لوحة شطرنج ، اذا وضعنا امام كل مربع من مربعات هذه اللوحة خلية كهروضوئية موصلة بقناة اتصال مستقلة ، على ان تتصل كل قناة فى الطرف المستقبل بمصباح من مصابيح كهربائية مرتبة فى مستوى ترتيبا مشابها لترتيب الخلايا الكهروضوئية المناظرة فى الطرف المرسل . واذا كان كل مصباح مربع الشكل ، ومصنوعا من زجاج يخرج الضوء منه متشرا ، فاننا نحصل بهذه الطريقة على صورة مماثلة للوحة الشطرنج ،

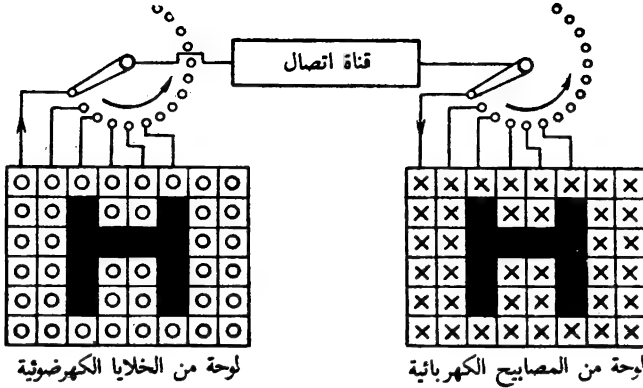
اذ ان المصابيح المشتعلة تناظر المربعات البيضاء ، بينما تناظر المصابيح غير المشتعلة المربعات السوداء

وبهذه الطريقة يمكن ارسال لوحة الشطرنج اذا استخدمنا عددا مساويا لعدد مربعاتها ، اى ٦٤ من الخلايا الكهروضوئية ، وعددا مماثلا من قنوات الاتصال ، وعددا مماثلا من المصابيح . واذا كان المنظر او الشئ المتلفز اكثر تعقيدا ، يلزمنا ان نقسمه الى عدد كاف من الاجزاء المسماة بعناصر الصورة ، حتى اذا ارسلنا هذه العناصر ، كان بإمكاننا اعادة انتاج التفاصيل الدقيقة من المنظر . فاذا استخدمنا لارسال المنظر نفس الطريقة ، فاننا نحتاج الى مجموعات من الخلايا الكهروضوئية وقنوات الاتصال والمصابيح الكهربائية ، يساوى عددها نفس عدد عناصر المنظر . ولكى يكون بيان (تفاصيل) الصورة التى نحصل عليها لأى منظر مماثلا لبيان الصورة التى نحصل عليها في السينما ، يجب ان يكون عدد عناصر المنظر التى يمكن ارسالها اكثر من مليون . وهذا يعنى انه في حالة الارسال بتلك الطريقة يلزمنا اكثر من مليون من الخلايا الكهروضوئية وعدد مماثل من قنوات الاتصال والمصابيح الكهربائية . ومن الواضح انه لا يمكن تحقيق مثل هذه المنظومة . ولذلك ينطلق التلفزيون من مبادئ اخرى .

## البند ٢-٢ الطرائق الاولى للارسال التلفزيوني

١- طريقة دى بايوا : فى عام ١٨٧٩ تقدم المخترع البرتغالى دى بايوا باقتراح يتلخص فى ارسال عناصر الصورة على التعاقب واحدا بعد الآخر ، على ان تكون سرعة ارسال الصورة كلها كبيرة لدرجة ان العين ستمكن من «تذكر» اول عنصر من عناصر الصورة فى لحظة ارسال اخر عنصر منها . ولذلك يجب ان يتم ارسال جميع عناصر الصورة فى وقت لا يزيد عن ٠,١ ثا (فترة مداومة الابصار) . وفى هذه الحالة تتيح خواص مداومة الابصار للعين ان ترى عناصر الصورة المرسله على التعاقب كأنها صورة كاملة . ويسمى ارسال الصورة عنصرا عنصرا على التعاقب عملية مسح الصورة

وقد اقترح دى بايوا وعديدون من بعده ان تجرى عملية المسح بطريقة ميكانيكية . ويبين الشكل ٢ - ١ احدى الطرائق التى اقترحت ، وهى تلتخص فى ان مجموعة من الخلايا الكهروضوئية ترتب على لوحة ( اطار ) ، تسقط

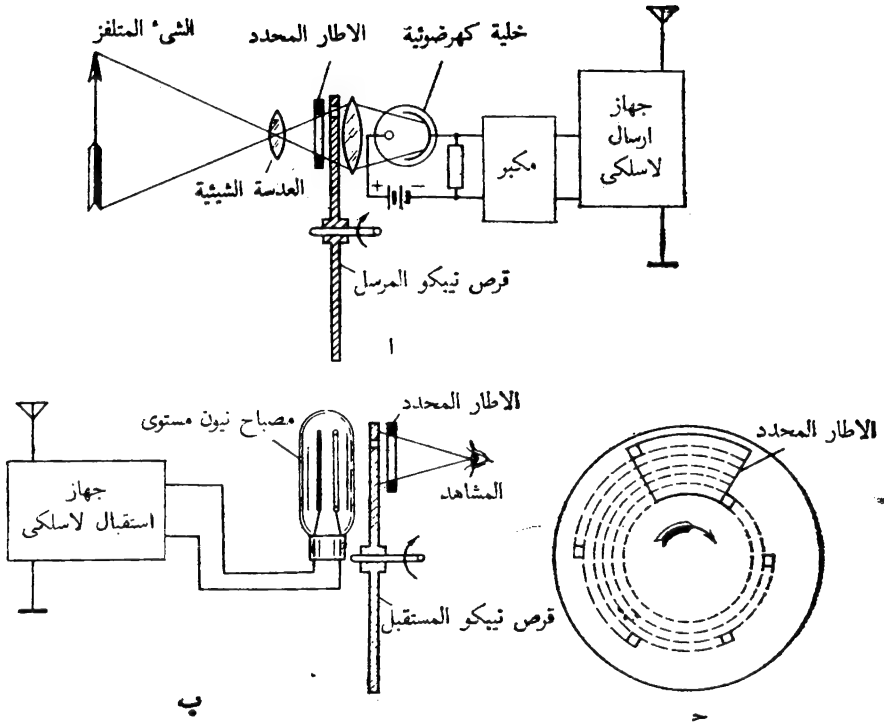


الشكل ٢ - ١ . طريقة المسح الميكانيكى

عليها صورة الشيء المراد ارساله ، وتوصل هذه الخلايا واحدة واحدة على التعاقب بقناة اتصال واحدة بواسطة مبدل ميكانيكى ، على ان يقوم مبدل ميكانيكى آخر فى الطرف المستقبل بتوصيل قناة الاتصال الى مجموعة من المصابيح الكهربائية ، مرتبة ايضا على لوحة . وينبغى ان يتم توصيل هذه المصابيح الى قناة الاتصال واحدا واحدا على التعاقب ، بصورة مماثلة لتبديل الخلايا الكهروضوئية المناظرة . الا ان هذه الطريقة والطرائق المشابهة لم تتحقق عمليا لأنها تتطلب مبدلا ميكانيكيا يعمل بسرعة لا يمكن تحقيقها .

٢ - قرص نيبكو : اقترح المهندس نيبكو فى عام ١٨٨٤ طريقة امكن بواسطتها تحقيق عملية المسح ميكانيكيا ، كما امكن استخدام خلية كهروضوئية واحدة ومصباح كهربائى واحد فقط ، بالاضافة الى قناة اتصال واحدة لتلغزة كل عناصر الصورة . وتعتمد طريقة نيبكو على استخدام قرص دى فتحات مربعة متزاخة بالنسبة الى بعضها بزوايا متساوية ، بحيث تكون كل فتحة اقرب الى المركز من الفتحة السابقة لها بمسافة تساوى عرض الفتحة نفسها . ويبين للشكل ٢ - ٢ طريقة نيبكو .

تسقط صورة الشيء الذي نريد تلفزته على سطح القرص ضمن حدود الاطار المحدد . وعندما يدور القرص ، تمر فتحاته على التعاقب امام الاطار المحدد ، بحيث يمر من خلال كل فتحة اثناء مرورها امام الاطار الضوء المنبعث من نقاط الصورة الموجودة على خط مقوس يسمى بخط المسح .



الشكل ٢ - ٢ . طريقة الارسال بواسطة قرص نيكو : ١ - الطرف المرسل ؛ ب - الطرف المستقبل ؛ ج - قرص نيكو

وهكذا فان الخلية الكهروضوئية «تنظر» الى صورة الشيء المتلفز نقطة بعد نقطة وخطا بعد خط ، وذلك من خلال فتحات القرص اثناء مرورها على التعاقب امام الاطار المحدد . ولذلك يناظر تيار الخلية الكهروضوئية في كل لحظة نصوع الجزء الذي «تراه» من خلال فتحة واحدة ( وهذا الجزء يمثل عنصر الصورة ) ويتغير من لحظة الى اخرى بتغير النصوع من نقطة الى اخرى ،

حسب محتوى الصورة . ويكبر تيار الخلية الكهروضوئية بواسطة مكبر ثم يسلط على جهاز ارسال لاسلكى .

وفى جهاز الاستقبال يكبر تيار الاشارة المستقبلية ثم يسلط على مصباح من مصابيح الضوء الغازى ( مصابيح النيون ) التى تمتاز بأنها تغير نصوعها بسرعة بتغير التيار المغذى لها بخلاف المصابيح العادية ( مصابيح التنجستين ) . ويستخدم فى جهاز الاستقبال قرص مماثل للقرص المستخدم فى الطرف المرسل . وعند دوران القرص امام المصباح يرى المشاهد هذا المصباح من خلال فتحات القرص التى تمر تباعا امام الاطار المحدد . واذا كان المصباح يضى باستمرار ، فان المشاهد يرى كل فتحة اثناء مرورها امام الاطار المحدد ، كما لو كان يرى خطا مقوسا مضيقا ، بحيث يرى المشاهد بنتيجة مرور فتحات القرص كلها مجال الاطار المحدد ، كما لو كان هذا المجال عبارة عن شاشة مضيئة بكاملها . واذا سلط على المصباح تيار اشارة تلفزيونية ، تتغير شدتها وفقا لتغير النصوع من نقطة الى اخرى فى الصورة المرسله ، فان النقاط المختلفة من تلك « الشاشة » سوف تضى بنصوعات مختلفة تبعا لتغير تيار الاشارة التلفزيونية . واذا كان دوران قرص نيكو فى الطرف المستقبل متزامنا مع دوران قرص نيكو فى الطرف المرسل ( من حيث السرعة والطور ) ، فان الفتحة التى تمر امام الاطار المحدد فى المستقبل تبدو على « الشاشة » فى مكان مماثل للمكان الذى تشغله فى نفس اللحظة فى مجال الاطار المحدد فى الطرف المرسل فتحة قرص نيكو المناظرة . وهكذا نحصل فى الطرف المستقبل على صورة تماثل عناصرها من حيث النصوع ، عناصر الشئ المتلفز .

ولم تتحقق طريقة الارسال بواسطة قرص نيكو الا فى عام ١٩٢٥ ، بعد ان اصبح بالامكان الحصول على نوعية جيدة للقطع اللازمة ( الخلية الكهروضوئية وصمامات التكبير وما الى ذلك ) . اقم جرى الارسال التلفزيونى فى الاتحاد السوفيتى بطريقة قرص نيكو فى السنوات ١٩٢٩ - ١٩٣٧ .

٣ - عيوب الطرائق الميكانيكية : ان منظومات الارسال التلفزيونى التى تستخدم قرص نيكو لا تؤمن صورة جيدة ، اذ انها لا تستفيد من معظم

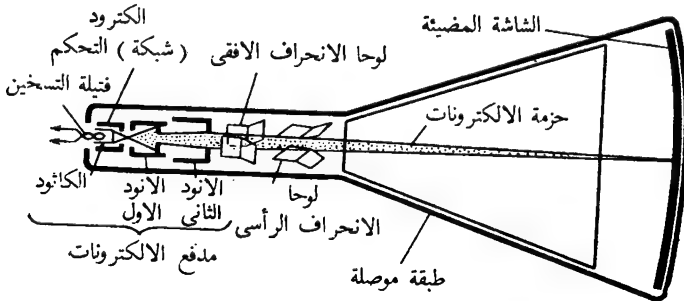
التدفق الضيائي الذى تتكون منه الصورة على قرص نيبكو ، وتستفيد فقط من التدفق الذى يمر من خلال فتحة واحدة من فتحات القرص . ولذلك لا يمكن استخدام عدد كبير من خطوط المسح ( اى من الفتحات ) ، والا يكون الجزء المستفاد منه من التدفق الضيائي صغيرا بحيث ان تيار الخلية الكهروضوئية قد يصبح اقل من ضوءاء صمام التكبير . وهكذا تتطلب زيادة عدد خطوط المسح ( لتحسين جودة الصورة التلفزيونية ) زيادة شدة الاضاءة ، ولذا كانت شدة الاضاءة اللازمة للارسال بطريقة نيبكو اكبر بكثير من شدة الاضاءة التى تلزم للتصوير السينمائى .

وهكذا لم تتمكن طريقة قرص نيبكو وغيرها من الطرائق الميكانيكية من تأمين جودة عالية للصورة التلفزيونية ، ولقد امكن تأمين الجودة العالية باستخدام منظومات التلفزة ( الارسال والاستقبال التلفزيونى ) الالكترونية

### البند ٢ - ٣ التلفزة الالكترونية

١ - انبوب اشعة الكاثود : كان العالم الروسى روزينج اول من قال باستخدام انابيب اشعة الكاثود ( انابيب الشعاع الالكترونى ) لاعادة تركيب الصورة التلفزيونية المرسله بطريقة المسح . ولقد تقدم بفكرته هذه فى عام ١٨٩٧ وحققها عمليا فيما بعد .

وانبوب اشعة الكاثود ( الشكل ٢ - ٣ ) هو عبارة عن غلاف زجاجى مخروطى الشكل ، مفرغ من الهواء تفريغا جيدا ، ومغطى من الداخل ،



الشكل ٢ - ٣ . تركيب انبوب اشعة الكاثود ، دى الانحراف الالكتروستاتى

على قعره الواسع ، بمادة متفسفرة ( مادة من المواد التى تضىء اذا اصطدمت بها الالكترونات سريعة ) ، ويحتوى فى الجزء الضيق على كاثود يبعث الالكترونات عند تسخينه كما ويحتوى ايضا على عدة الكترودات ( اقطاب كهربائية ) اسطوانية ذات محور مشترك .

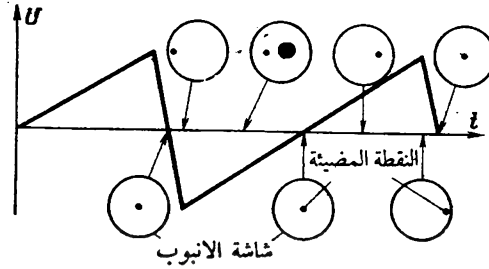
ويسلط على الالكترود الاسطوانى الاول جهد سالب يسمح تغييره بالتحكم فى كمية الالكترونات المارة من خلال هذا الالكترود الذى يسمى الكترود التحكم . ويسلط على الالكترودين الثانى والثالث جهدان موجبان لتعجيل الالكترونات العابرة من خلالهما وتركيزها حتى نحصل على حزمة ضيقة دقيقة . ويسمى الالكترود الثالث ( الاخير ) بالانود ( او الانود الاخير ) وهو يكون احيانا بشكل طبقة موصلة من الجرافيت الغروانى ( الأكواداج ) تغطى من الداخل الجدران الجانبية للانبوب .

وتسمى مجموعة الالكترودات التى تكون حزمة الكترونية دقيقة مدفع الالكترونات او قاذف الالكترونات . ويؤدى اصدام الكترونات الشعاع ( الحزمة الدقيقة ) بشاشة الانبوب، المغطاة بالمادة المتفسفرة الى ظهور نقطة ( بقعة صغيرة ) مضيئة فى مكان الاصطدام . وتتوقف شدة ضياء ( نضوع ) هذه النقطة على كمية الكترونات الشعاع . وتحدد هذه الكمية بجهد الكترود التحكم ، ولذلك يمكن تغيير نضوع النقطة المضيئة على الشاشة بتغيير جهد ذلك الالكترود .

ويمكن تحريك الشعاع الالكترونى والنقطة المضيئة التى يولدها على الشاشة بواسطة زوجين من الالواح : لوحين يوضعان مثلا رأسيا ، ولوحين يوضعان افقيا . وتوضع هذه الالواح فى داخل الانبوب وهى تسمى بالالواح الحارفة . واذا سلطنا على زوج من هذه الالواح فلطية ( فرق جهد ) ثابتة فان الالكترونات التى تمر بين اللوحين تنجذب نحو اللوح ذى الشحنة الموجبة وتبتعد عن اللوح ذى الشحنة السالبة . ويتحدد انحراف الشعاع الالكترونى عن مركز الشاشة بمقدار الفلطية المسلطة .

واذا سلطنا على اللوحين الموضوعين رأسيا فلطية متغيرة مع الزمن وفقا لخط ( شكل موجى ) يشبه اسنان المنشار ( الشكل ٢ - ٤ ) فان الشعاع



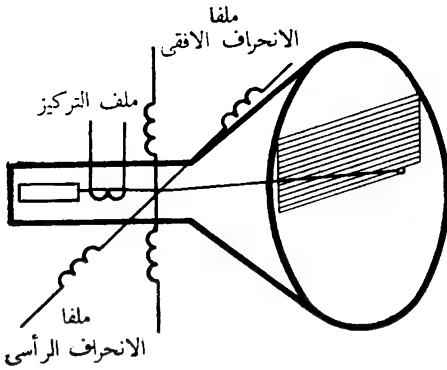


الشكل ٢ - ٤. اوضاع النقطة المضيئة على شاشة الانبوب عند قيم لحظية مختلفة لفلطية سن المنشار المسلطة على اللوحين الحافزين الرأسين

الالكترونى والنقطة المضيئة سوف يتحركان من يسار الشاشة الى يمينها حركة منتظمة ثم يرتدان بسرعة الى اليسار . واذا كانت « فلطية سن المنشار » تتغير بسرعة كافية فان العين لن تلاحظ اوضاعا منفصلة للنقطة المضيئة ، بل ترى على الشاشة خطا افقيا (سطرا) متصلا .

واذا كانت فلطية سن المنشار مسلطة على اللوحين الموضوعين افقيا فان الشعاع سيتحرك حركة منتظمة بطيئة ، من الاعلى الى الاسفل مثلا ، ثم يرتد بسرعة الى الاعلى .

واذا سلطنا فلطية سن المنشار فى ان واحد على كلا الزوجين من الالواح ، بحيث يكون تردد ذبذبات سن المنشار المسلطة على اللوحين الموضوعين افقيا (وهما يسبيان انحراف النقطة المضيئة رأسيا) اقل بمئات المرات من تردد الذبذبات المسلطة على اللوحين الموضوعين رأسيا (وهما يسبيان انحرافا رأسيا) ، فان الشعاع سوف يتحرك افقيا بسرعة ثم يرتد ويكرر هذه الحركة بينما هو يتحرك فى نفس الوقت ببطء من الاعلى الى الاسفل (راسما خطوطا افقية) . واذا كان تردد ذبذبات سن المنشار عاليا لدرجة كافية ، بحيث تتحرك النقطة المضيئة بسرعة كافية ، فان العين سوف ترى بفضل مداومة الابصار خطوطا افقية ، اذا شاهدها من مسافة بعيدة بعض الشئ فاننا لن نلاحظها منفصلة عن بعض ، بل نرى مستطيلا مضيئا . ويسمى مجموع الخطوط الافقية (الشكل ٢ - ٥) التى تبدو ، اذا نظرنا اليها من مسافة كافية ، بشكل مستطيل مضيء بالهيكل الخطى .



الشكل ٢-٥ . تشكّل الهيكل الخطى (الراستر) على شاشة انبوب أشعة الكاثود

ونلاحظ ان انبوب اشعة

الكاثود المبين فى الشكل ٢-٣ يستخدم الطريقة الالكتروستاتية (طريقة المجال الكهربائى الاستاتيكي) لتركيز الشعاع الالكترونى وحرفه ويمكن ان يتم تركيز الشعاع وانحرافه ايضا بالطريقة

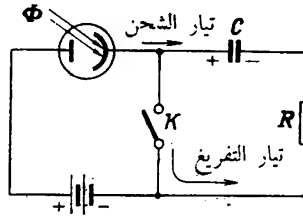
المغناطيسية، اى يمكن استخدام المجال المغناطيسى بدلا من

المجال الكهربائى ، ويمكن توليد المجال المغناطيسى اللازم بواسطة ملفات خاصة تركيب على عتق الانبوب (الشكل ٢-٥) .

اما انابيب الصورة (انابيب اشعة الكاثود المستخدمة لاعادة تركيب الصورة) الشائعة فى الوقت الحاضر ، فهى تعمل عادة بطريقة التركيز الالكتروستاتى والانحراف المغناطيسى (المغناطيسى الكهربائى) . اذ انها اكثر ملائمة للحصول على زوايا الانحراف الكبيرة ، التى تلزم لكى تكون اجهزة التلفزيون اصغر حجما واكبر شاشة .

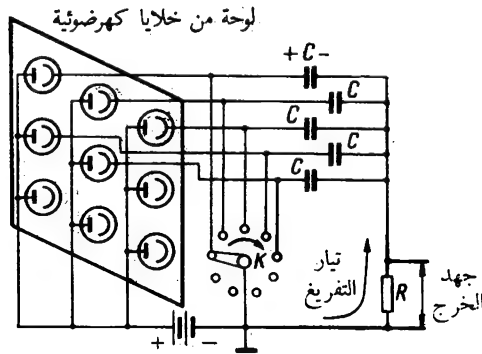
٢- مبدأ تخزين الضوء : رغم ان النتائج التى حصل عليها روزينج باستخدامه لانابيب اشعة الكاثود من اجل استقبال الصور التلفزيونية كانت ايجابية جدا ، فان استخدام هذه الانابيب لارسال الصور التلفزيونية (مما يجعل عملية التلفزة الكترونية بكاملها) قد اصبحت ممكنة بعد ان اكتشف الاميركى جنكنس فى عام ١٩٢٧ فكرة استخدام مبدأ تخزين الضوء ، من اجل الارسال التلفزيونى جنبا الى جنب مع مبدأ مسح الصورة . ويمكن ان نوضح مبدأ تخزين الضوء بواسطة الشكل ٢-٦ .

وعندما تتعرض الخلية الكهروضوئية لتدفق ضيائى يبعث كاثودها الكترونات يجتذبها الانود ويتكون نتيجة ذلك تيار يمر من خلال المقاومة  $R$  ويشحن المكثف  $C$  . ويستمر شحن المكثف الى ان تصبح فلطية المكثف مساوية



الشكل ٢-٦ . دائرة توضح مبدأ تخزين الضوء ( الشحنات )

لفلطة البطارية ، فتصبح الفلطة على الخلية الكهروضوئية مساوية للصفر .  
 تنقطع نتيجة ذلك تيار الخلية ( التيار الكهروضوئي ) . وإذا قل التدفق الضيائي ،  
 فإن التيار الكهروضوئي يقل ، وتقل سرعة شحن المكثف . وعندما نجعل  
 المفتاح S في حالة الوصل ، يبدأ المكثف بتفريغ شحنته من خلال المقاومة  
 R . فإذا كانت المقاومة R اصغر بكثير من المقاومة الداخلية للخلية الكهروضوئية  
 ( وهذا عادة كبيرة جدا ، أى ان تيار الخلية الكهروضوئية لا يتغير كثيرا بتغير  
 فلطيتها ) ، فإن تفريغ المكثف يجرى بسرعة أكبر بكثير من سرعة شحنه .  
 وبما ان كمية الالكترونات التى يفرغها المكثف هى نفس كمية الالكترونات  
 التى كان قد شحن بها ، فلذلك تكون نسبة تيار التفريغ الى تيار الشحن مساوية  
 لنسبة فترة الشحن الى فترة التفريغ . وهذا يعنى ان تيار التفريغ أكبر بكثير  
 من تيار الشحن لان فترة التفريغ اقل بكثير من فترة الشحن .



الشكل ٢-٧ . طريقة جنكس للإرسال التلفزيوني

واقترح جنكنس ان يتم الارسال التلفزيوني ، كما فى الشكل ٢ - ٧ ، باستخدام لوحة ركب عليها العدد اللازم من الخلايا الكهروضوئية المناظرة لعناصر الصورة ، على ان يوصل بكل خلية مكثف  $C$  ، وتجرى عملية « المسح » بواسطة مبدل ميكانيكى  $S$  . وهكذا ، اذا اسقطت صورة الشئ المراد تلفزته على لوحة الخلايا الكهروضوئية ، فان تيارات هذه الخلايا تشحن المكثفات الموصلة بها بسرعات مختلفة باختلاف تلك التيارات . ويجرى شحن المكثفات ، الموصلة بالخلايا التى تسقط عليها الاماكن النيرة ( الفاتحة ) من الشئ المتلفز ، بسرعة اكبر من سرعة شحن المكثفات الموصلة بالخلايا « المعتمة » . وخلال فترة معينة نجد ان الشحنات التى تتراكم فى المكثفات تختلف باختلاف استضاءة الخلايا الكهروضوئية الموصلة بتلك المكثفات . وهذا يعنى ان الصورة الضوئية للشئ المتلفز تتحول الى صورة له على شكل شحنات كهربائية مختزنة فى المكثفات . وعندما يدور ذراع المبدل  $S$  تمر عبر المقاومة  $R$  نبضات تيار ، تنتج عن تفريغ المكثفات على التعاقب . وبما ان هذه النبضات تتحدد بالشحنات المختزنة ، التى تتناسب مع استضاءات الاماكن المناظرة من الصورة ، فان الفلطية المتكونة على المقاومة  $R$  تتحدد فى كل لحظة باستضاءة عنصر الصورة الذى يجرى ارساله فى تلك اللحظة . وهكذا تنتج على المقاومة اشارة الصورة .

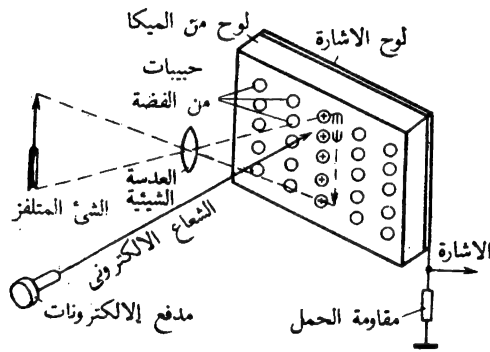
ويجرى شحن المكثفات خلال فترات متساوية ، اذ ان عملية شحن كل مكثف تجرى فى الفترة المحصورة بين لحظتين متعاقبتين من لحظات توصيل ذراع المبدل  $S$  الى ذلك المكثف . فاذا كان ذراع المبدل يدور  $n$  دورة فى الثانية ( مثلا ٢٥ دورة فى الثانية ) ، فان الفترة التى يجرى خلالها شحن كل مكثف تساوى فترة دورة من دورات الذراع ، اى  $\frac{1}{n}$  من الثانية . اما فترة التفريغ فهى اقل من فترة دوران المبدل بعدد من المرات مساو لعدد المكثفات  $N$  ( لان المبدل يفرغ جميع المكثفات خلال دورة واحدة ) ، اى اقل من فترة الشحن ( المساوية  $\frac{1}{n}$  من الثانية ) بـ  $N$  مرة ، وبالتالي فان تيار الاشارة ( الذى يمر فى المقاومة  $R$  ) يكون اكبر من تيار الخلية الكهروضوئية ( تيار الشحن ) بنسبة تساوى نظريا عدد عناصر الصورة  $N$  . ويجب ان

يكون الثابت الزمني  $RC$  صغيرا ، بحيث يتمكن كل مكثف من تفريغ شحنته خلال الفترة التي تقل بـ  $N$  مرة عن فترة دورة واحدة من دوران المبدل .

ولم تتحقق طريقة جنكنس عمليا لاعتمادها على المبدل الميكانيكي ، ولكن مبدأ تخزين الضوء \* وجد تطبيقا واسع النطاق في ابتكار انابيب التصوير التلفزيوني ( انابيب الشعاع الالكتروني المستخدمة للارسال التلفزيوني ) .

٣- مبدأ عمل الايكونوسكوب : كان اول انبوب من انابيب التصوير التلفزيوني ، التي تحقق فيها عمليا مبدأ تخزين الضوء ، الانبوب المسمى بالايكونوسكوب . وقد ابتكر هذا الانبوب في عام ١٩٣١ العالم السوفييتي كاتايف ، كما ابتكره بصورة مستقلة عنه العالم زفوريكن ( في الولايات المتحدة ) .

ويتألف الايكونوسكوب اساسا ( الشكل ٢-٨ ) من :



الشكل ٢-٨ . رسم مبسط لتركيب الايكونوسكوب

\* يسمى هذا المبدأ بمبدأ تخزين الضوء ، لانه يسمح بالاستفادة من التدفق الضيائي الذي يكون خيال الشيء\* المتلفز استفادة كاملة ، اذ ان التدفق الضيائي يؤثر على كل خلية كهروضوئية طول الوقت ويخترن في المكثف المتصل به بشكل شحنة كهربائية يستفاد منها بكاملها ( نظريا ) في لحظة مسح ( تفريغ ) هذا المكثف ، بينما في طريقة قرص نيبكو مثلا يستفاد من التدفق الضيائي لكل عنصر في لحظة مسحه فقط .

١ - لوح من الميكا ، مغطى من احد جانبيه بعدد كبير جدا ( عشرات الملايين ) من حبيبات صغيرة جدا من الفضة ، ومغطى من الجانب الآخر بطبقة معدنية موصلة .

٢ - مدفع الالكترونات ، الذى يولد حزمة الكترونية دقيقة

٣ - غلاف زجاجى ، ذى شكل خاص ، تركيب فى داخله العناصر التى يتألف منها الايكونوسكوب . ويسمى لوح الميكا المغطى بحبيبات الفضة بلوح الموزاييك ( لانه يشبه الموزاييك أو الفسيفساء ) بينما تسمى الطبقة المعدنية التى تغطيه من الجانب الآخر بلوح الاشارة ( لان اشارة الصورة تسحب من هذه الطبقة ) .

وتغطى حبيبات الفضة بمعدن السيزيوم لتصبح عالية الحساسية للضوء . وتؤدى كل حبيبة دور كاثود ضوئى ميكروسكوبى ( اى صغير جدا ) ، كما تشكل كل حبيبة مع لوح الاشارة مكثفا ميكروسكوبيا ( يلعب دور مكثف التخزين لتحقيق مبدأ تخزين الضوء ) .

وعندما تسقط صورة الشئ المتلفز ( بواسطة عدسة ) على سطح الموزاييك ، تبعث حبيبات الموزاييك بتأثير الضوء كميات من الالكترونات تختلف باختلاف استضاءة تلك الحبيبات . وهكذا ، فان الحبيبات الضعيفة الاستضاءة تفقد قليلا من الالكترونات فتكتسب شحنة قليلة ، بينما تفقد الحبيبات المضاء بشدة كثيرا من الالكترونات وتكتسب شحنة كبيرة ، بحيث يكون توزع الشحنات على سطح الموزاييك مشابها لتوزع الظل والنور فى المنظر المتلفز . وبعبارة اخرى : تتحول الصورة البصرية المسقطه على لوح الموزاييك ( اى صورة المنظر المتلفز ) الى صورة شحنات ( او جهود ) كهربائية . ولارسال صورة الشحنات ، يفرغ كل مكثف ميكروسكوبى ( كل حبيبة ) ، ثم ترسل النبضات الكهربائية التى تنتج عن تفريغ المكثفات الميكروسكوبية ، الواحد بعد الآخر على التعاقب . وتتم هذه العملية ، اى عملية المسح الكهربائى بصورة الشحنات بواسطة شعاع الكترونى ، يتعرض لانحراف دورى تؤمنه ملفات الانحراف ، اذا مررت فيها تيارات سن المنشار . ويجب ان يكون تردد تيار الانحراف الرأسى اقل بكثير ( بمئات المرات ) من تردد تيار الانحراف

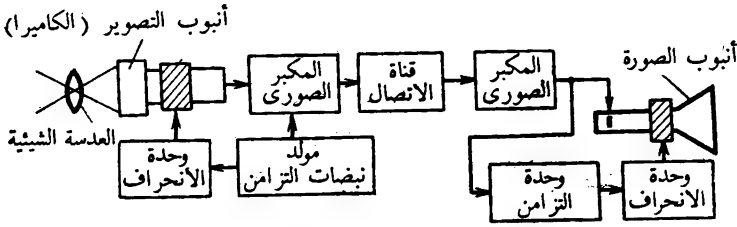
الافقى . وبنتيجة ذلك يتحرك الشعاع الالكترونى حركة منتظمة من اليسار الى اليمين ، ويتحرك فى نفس الوقت من الاعلى الى الاسفل بسرعة اقل بكثير (بمئات المرات ايضا) . وعندما يصل الشعاع الى الطرف الايمن من لوح الموزاييك ، يترد بسرعة الى الطرف الايسر ليدأ من جديد بالحركة نحو اليمين . وفى كل مرة يبدأ حركته نحو اليمين من مكان اكثر انخفاضا نسبب الانحراف الرأسى . وعندما يصل الشعاع الى الطرف الاسفل للوح الموزاييك يترد بسرعة الى زاويته العليا اليسرى ليدأ بعملية المسح من جديد . وهكذا « يرسم » الشعاع على لوح الموزاييك هيكلا خطيا مشابها للهيكل الخطى الذى يرسمه الشعاع فى انبوب الصورة (الشكل ٢-٥) ، الا ان الهيكل الخطى فى الايكونوسكوب غير مرئى .

وعندما تسقط الحزمة الالكترونية على حبيبة من حبيبات الموزاييك ، تتكون فى هذه اللحظة دائرة كهربائية متألفة من المكثف الميكروسكوبى الذى تكونه تلك الحبيبة ، ومقاومة الحمل والشعاع الالكترونى نفسه (وهكذا يقوم الشعاع الالكترونى تقريبا بنفس عمل المبدل الميكانيكى فى الشكل ٢-٧) ، فيفرغ ذلك المكثف الشحنة التى اختزنها، قبل مجئ الشعاع الالكترونى اليه ، من خلال مقاومة الحمل . وبنتيجة مرور « رأس » الشعاع على حبيبات الموزاييك ، الواحدة بعد الاخرى على التعاقب ، تدر بمقاومة الحمل نبضات تيارات التفريغ المتعاقبة ، فتتكون على مقاومة الحمل فلتية اشارة الصورة (الاشارة الصوريّة) .

٤- مراحل الارسال التلفزيونى : يبين الشكل ٢-٩ رسما لمراحل منظومة التلفزيون الالكترونية العصرية . وكما مبين فى هذا الشكل ، تسلط الاشارة الصورية التى يولدها انبوب التصوير التلفزيونى (انبوب الكاميرا التلفزيونية) على المكبر الصورى (مكبر اشارة الصورة) ثم ترسل بواسطة قناة الاتصال الى جهاز الاستقبال ، حيث تكبر ثم تسلط على الكترود التحكم فى انبوب الصورة (ويسمى هذا الانبوب ايضا بالكاينسكوب) .

وينبغى ان تكون حركة الشعاع الالكترونى فى انبوب الصورة مترامنة (اي بنفس السرعة وبنفس الطور) مع حركة الشعاع فى انبوب التصوير ، اى





الشكل ٢ - ٩ . رسم تخطيطي لمراحل الارسل والاستقبال التلفزيوني

إذا كانت الإشارة التي يولدها أنبوب التصوير هي مثلاً الإشارة الناتجة عن مسح بداية خط المسح العاشر ، فإن الشعاع في أنبوب الصورة يجب أن يرسم في نفس اللحظة بداية الخط العاشر أيضاً . وبدون تحقيق مثل هذا التوافق بين حركة الشعاع في أنبوب الصورة وحركة الشعاع في أنبوب التصوير لا يمكن أن نجعل كل نقطة على شاشة جهاز الاستقبال مناظرة من حيث النصوص لاستضاءة النقطة المناظرة على اللوح الحساس للضوء في أنبوب التصوير ، أي لا يمكن أن يعاد إنتاج الصورة المرسل على شاشة جهاز الاستقبال . ولكي يتم التزامن ترسل مع إشارة الصورة بواسطة قناة الاتصال نبضات خاصة تسمى نبضات التزامن ، وهي تتألف من نبضات مزمنة المسح الأفقي ونبضات مزمنة المسح الرأسي . وتتولد نبضات التزامن في جهاز خاص يسمى مولد التزامن . ويتحكم هذا الجهاز في عمل وحدة الانحراف في الطرف المرسل ويتحكم في نفس الوقت ، بواسطة نبضات التزامن ، في عمل وحدة الانحراف في جهاز الاستقبال ، وهكذا يتحقق التزامن . ولكي ترسل إشارة ( نبضات ) التزامن مع إشارة الصورة بقناة اتصال واحدة ، تمزج هاتان الإشارتان في المكبر الصوري ( في الطرف المرسل ) ، وتكون نتيجة مزجهما الإشارة المسماة بإشارة الصورة المؤلفة ( المركبة ) . ولكي لا يحصل تداخل بين نبضات التزامن وإشارة الصورة ، ترسل تلك النبضات خلال فترات ارتداد شعاع المسح التي لا ترسل خلالها إشارة الصورة .

ويتم فصل نبضات التزامن عن إشارة الصورة المؤلفة في جهاز الاستقبال بواسطة وحدة التزامن التي تسلط عليها الإشارة المؤلفة بعد تكبيرها . وتسلط

نبضات التزامن بعد فصلها على وحدة انحراف شعاع انبوب الصورة فيتحقق التزامن .

هذا ، وان منظومات التلفزة الالكترونية قد تعمل احيانا بدون انايب تخزين الضوء ، اذ انها تستخدم ايضا على نطاق واسع طريقة النقطة الطائرة . وتتلخص هذه الطريقة في ان شعاعا ضوئيا دقيقا ( نقطة مضئية ساطعة جدا يولدها انبوب من انايب اشعة الكاثود الخاصة بذلك ) يسלט على الشئ المتلفز فتظهر على هذا الشئ نقطة ضوئية ، يجرى تحريكها ( الكترونيا ) لتمر على تفاصيل ذلك الشئ عنصرا عنصرا على التعاقب ( وتسمى النقطة الضوئية التي تقوم بعملية المسح هذه ، بالنقطة الطائرة ) . وتركز الحزمة الضوئية المنعكسة عن الشئ المتلفز ، أو النافذة من خلاله اذا كان شبه شفاف كما في حالة الفلم السينمائي مثلا ، على خلية كهروضوئية او صمام ضوئي مضاعف ( وهذا الصمام هو عبارة عن خلية كهروضوئية يوجد في داخل غلافها الزجاجي مكبر يضاعف الالكترونات بطريقة الابتعاث الثانوي ) ، ثم تسلط الاشارة الكهربائية الناتجة على مكبر يعمل بالصمامات الالكترونية ، لترسل فيما بعد لاسلكيا .

وتتميز منظومات النقطة الطائرة ببساطتها ، ولكن استخدامها محدود النطاق ، اذ انها تصلح فقط لارسال الاشياء المستوية نوعا ما . اما منظومات تخزين الضوء ، فهي اكثر حساسية للضوء ويمكن استخدامها من اجل اى ارسال تلفزيوني مهما كان ، غير ان انايب التصوير التي تستخدم هذه المنظومات معقدة جدا وباهظة الثمن .

### الفصل الثالث

## الابتعاث الكهروضوئى والموصلية الكهروضوئية وتكبير التيارات الكهروضوئية

### البند ٣ - ١ الابتعاث الكهروضوئى

عند تعرض بعض المواد الصلبة لتأثير الضوء ، تنحدر الإلكترونات المرتبطة بذرات تلك المواد ارتباطا ضعيفا . وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير الكهروضوئى . وإذا كانت الإلكترونات المتحررة قادرة على الخروج من المادة ، فان التأثير الكهروضوئى يسمى فى هذه الحالة بالابتعاث الكهروضوئى . اما اذا بقيت الإلكترونات المتحررة داخل المادة ، لتؤدى دور الكترولونات طليقة تشارك فى التوصيل الكهربائى ، فان التأثير الكهروضوئى يسمى فى هذه الحالة بظاهرة الموصلية الكهروضوئية .

ويحدث الابتعاث الكهروضوئى من مادة معينة ، اذا كانت بعض الكترولونات مرتبطة بذراتها ارتباطا ضعيفا جدا ( كما هو الحال بالنسبة للإلكترونات الطبقات الإلكترونية الخارجية فى ذرات المعادن القلوية ) ، لدرجة انه بإمكان هذه الإلكترونات ان تخرج الى الفراغ الخارجى ، عندما يكتسب كل منها طاقة فوتون من فوتونات الضوء . وتتميز كل مادة بمقدار معين للطاقة اللازمة لخروج الكترولون واحد منها . ولكى تكون المادة قادرة على الابتعاث الكهروضوئى ، يجب ان تكون طاقة فوتون الضوء اكبر من الطاقة اللازمة لخروج الإلكترون من هذه المادة . وتحدد السرعة الابتدائية للإلكترون ، او طاقته الحركية عند خروجه من المادة بالفرق بين طاقة الفوتون وطاقة الخروج من المادة . واذا كانت طاقة الخروج من المادة هى مقدار مميز لهذه المادة ، فان طاقة الفوتون تتحدد بتردد الاشعاع الضوئى او طول موجته وهى تساوى  $hf$  ، حيث  $f$  هو التردد ، اما  $h$  فهو ثابت بلانك ( $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ joule} \cdot \text{sec}$ ) . وهكذا ، فان طاقة الفوتون تتناسب طرديا مع تردد الاشعاع الضوئى  $f$  ،

أى تتناسب عكسيا مع طول الموجة  $\lambda$  ( اذ ان  $\lambda = \frac{c}{f}$  ، حيث  $c$  هى سرعة الضوء ) .

وتجدر الاشارة الى ان جزءا صغيرا فقط من فوتونات الضوء قادر على تحرير الالكترونات من المادة ، حتى اذا كانت طاقة الفوتون اكبر من طاقة الخروج ، الممييزة لهذه المادة . ومن اسباب ذلك ان الفوتونات يمكن ان تنفذ الى اعماق كبيرة ( تقدر بمسافة تشغلها مئات الذرات ) ، بحيث ان الالكترونات التى تكتسب طاقة تلك الفوتونات فى هذه الاعماق سوف تفقدها اثناء الاصطدام مع الذرات والالكترونات الاخرى ، فلن يكن باستطاعتها ان تغادر المادة . وذلك يدل على ان حساسية المادة للضوء لا تتحدد فقط بطاقة الفوتون ، بل تتوقف ايضا على شفافية هذه المادة للضوء ، وخواصها الاخرى ( علما ان هذه الشفافية ايضا تختلف باختلاف تردد الاشعاع الضوئى ) .

كما وان عملية الابتعاث الكهروضوئى من مادة معينة لا يمكن ان تستمر ، اذا لم تبعد عنها الالكترونات التى سبق ان انبعثت منها ، وذلك لان الالكترونات التى تخرج من المادة ، ولا تبعد عنها ، تتجمع عند سطح هذه المادة وتكون شحنة فراغ سالبة تمنع خروج الكترونات جديدة من المادة . ولذلك يستخدم المجال الكهربائى فى الخلية الكهروضوئية من اجل ابعاد الالكترونات المنبعثة من المادة الحساسة للضوء .

والخلية الكهروضوئية ( الشكل ٣ - ١ )

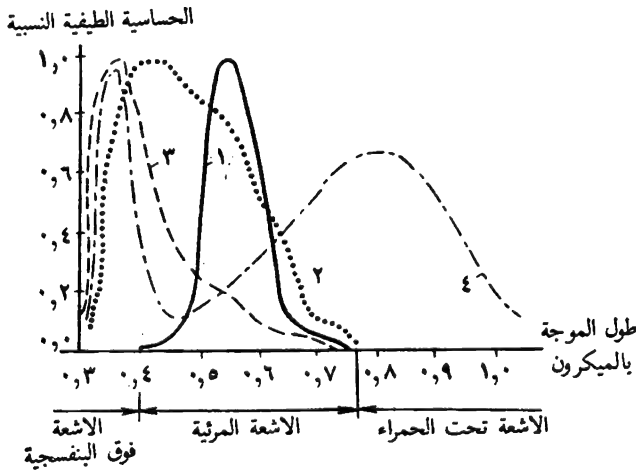
هى عبارة عن غلاف زجاجى مفرغ من الهواء ويحتوى على الكترودين ، احدهما حساس للضوء ويسمى الكاثود الضوئى ، اما الآخر ، فهو الانود الذى يسلط عليه جهد موجب بالنسبة الى الكاثود ، لكى يجمع الالكترونات المتحررة من الكاثود بتأثير الضوء . ويصنع الكاثود الضوئى عادة من المعادن القلوية (السيزيوم والكلسيوم والصوديوم)



الشكل ٣ - ١ . خلية كهروضوئية

بعد معالجتها بطريقة خاصة ، لتصبح شديدة الحساسية للضوء . وغالبا ما يكون الكاثود بشكل طبقة رقيقة ، تغطي الجدار الداخلى للغلاف الزجاجى ، ما عدا جزء صغير منه ، يجب ان يبقى شفافا ليسقط من خلاله الضوء على الكاثود . اما الانود فهو قد يكون بشكل قرص صغير ، مثبت فى مركز الغلاف الزجاجى ( كما فى الشكل ٣ - ١ ) . وتعود الحاجة الى تفريغ الغلاف من الهواء لسببين ، اولهما هو ان جزيئات الهواء يمكن ان تعرقل حركة الالكترونات التى يجب ان تتجه من الكاثود الى الانود ، وثانيهما هو ان جزيئات الهواء يمكن ان تؤكسد المعادن التى يصنع منها الكاثود الضوئى ، اذ انها فعالة جدا كيميائيا .

ويتحدد التيار الكهربائى الذى تمرره الخلية الكهروضوئية عند تعرضها للضوء ( وهو يتجه افتراضيا من الانود الى الكاثود بعكس اتجاه حركة الالكترونات ) بمقدار التدفق الضيائى وفرق الجهد بين الانود والكاثود . واذا كانت الفلطية المسطرة على الخلية كافية لاجتذاب كل الالكترونات المنبعثة



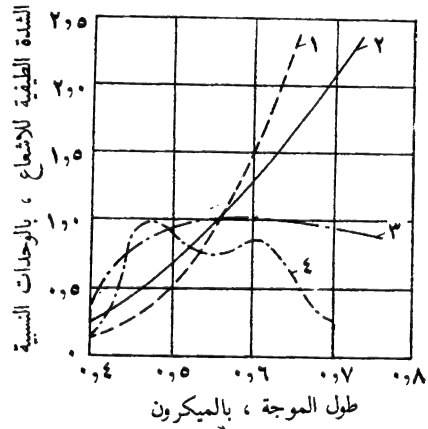
الشكل ٣ - ٢ . المنحنيات الطيفية للانواع الاساسية للكاثودات الضوئية المستخدمة فى انابيب التصوير التلفزيونى ، ومتحنى الحساسية الطيفية للعين : ١ - عين الانسان ؛ ٢ - كاثود ضوئى من البزموت والسيزيوم ؛ ٣ - كاثود ضوئى من الانتيمون والسيزيوم ؛ ٤ - كاثود ضوئى من اكسيد السيزيوم .

من الكاثود ، فان شدة التيار تتناسب تناسبا طرديا مع التدفق الضيائي وتغير بتغيره ، بدون اى قصور (تخلف) عمليا ، اى تغير مع التدفق آتيا . واذا كانت شدة الاستضاءة عالية جدا ، وكانت الفلطية المسلطة على الخلية غير كافية لاجتذاب الالكترونات كلها نحو الانود ، فان علاقة التناسب بين شدة التيار والتدفق تختل بسبب ظهور شحنة فراغ امام الكاثود الضوئى او بسبب « انهالك » هذا الكاثود .

اما الكاثودات الضوئية المستخدمة فى انابيب التصوير التلفزيونى ، فهى كاثودات معقدة ، تتميز بحساسيتها العالية للضوء . وهى قد تكون مصممة او شبه شفافة او فسيفسائية حسب نوع الانبوب . والكاثود المصممة هو عبارة عن شريحة ثخينة نسبيا ( ذات سطح متصل ) ، تبتعث الالكترونات الى نفس الجهة التى يسقط منها الضوء . اما الكاثود شبه الشفاف ، فهو رقيق جدا ويطلق الالكترونات الى جهة مخالفة للجهة التى يضاء منها . ويتميز الكاثود الفسفيسائى ( الذى يشبه الفسفساء او الموزاييك ) ، بأنه عبارة عن لوح رقيق من مادة عازلة ( عادة من الميكا او الزجاج ) ، مغطى بحبيبات دقيقة من الفضة ، غير موصلة ببعضها ، ومعالجة بطريقة خاصة لتؤدى كل منها دور كاثود ضوئى صغير جدا .

ومن الواضح ان الكاثودات الضوئية المصممة اكثر حساسية للضوء من الكاثودات شبه الشفافة والفسفيسائية . وتختلف حساسية الكاثودات الضوئية ، ليس باختلاف مادتها وشكلها فحسب ، بل ايضا باختلاف طيف الضوء .

وتقيم حساسية الكاثود الضوئى للضوء بنسبة التيار الكهروضوئى الى



الشكل ٣-٣. منحنيات التوزيع الطيفى لطاقة اشعاع مختلف مصادر الضوء : ١- مصباح تنجستين مفرغ من الغازات ؛ ٢- مصباح تنجستين مملوء بغاز ؛ ٣- ضوء مشتم من قبة السماء ؛ ٤- مصباح فلورى .

التدفق الضيائي . وهي تقاس عادة بالنسبة الى اشعاع ضوئى ذى طيف معين ، وهو اشعاع مصباح قياسى من مصابيح التنجستين ( المصباح الذى درجة حرارة فيلته تساوى ٢٧٧٠ درجة مطلقة ) . واذا عرفنا حساسية كاثود ضوئى معين بالنسبة الى ذلك الاشعاع القياسى ، فيمكن معرفة حساسيته بالنسبة الى أى اشعاع ضوئى بواسطة منحنى الحساسية النسبية لذلك الكاثود ( وهو كما فى الشكل ٣-٢ ) وبمعرفة طيف الاشعاع الضوئى ( انظر الشكل ٣-٣ ) . وتبلغ حساسية الكاثودات الضوئية المصمتة المصنوعة من اكسيد السيزيوم ( بالنسبة الى اشعاع التنجستين القياسى ) حوالى ٣٠ - ٧٠ ميكروامبير لكل لومن ، اما اذا كانت هذه الكاثودات مصنوعة من الزرنيخ والسيزيوم ، فان حساسيتها تبلغ ٥٠ - ١٤٠ ميكروامبير لكل لومن .

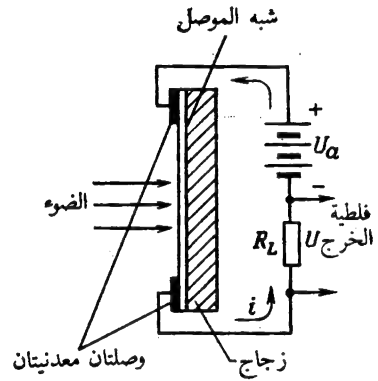
واذا كانت الكاثودات الضوئية شبه شفافة ، فان حساسيتها تكون اقل من حساسية الكاثودات المصمتة بحوالى مرتين او ثلاث ، اما اذا كانت فسيفسائية ، فان حساسيتها تكون اقل بأكثر من عشر مرات .

### البند ٣-٢ الموصلية الكهروضوئية

تتلخص ظاهرة الموصلية الكهروضوئية فى انخفاض مقاومة المادة شبه الموصلة بتأثير الضوء . وهي تفسر بان الالكترونات شبه الموصل مرتبطة بذراتها ارتباطا ضعيفا ( بالمقارنة مع ارتباط الالكترونات المواد العازلة بذراتها ) ، بحيث يكون بإمكان الضوء ( او عوامل اخرى ) ان يحرر تلك الالكترونات ، ولو انها تبقى داخل المادة . وبما ان الالكترونات الطليقة الموجودة فى داخل مادة معينة هي التى تحدد موصلية هذه المادة ، فلذلك يؤدى تأثير الضوء الى زيادة موصلية شبه الموصل بسهولة نسبيا .

ويستفاد من الموصلية الضوئية للحصول على تيار متناسب مع التدفق الضيائي بواسطة الدائرة المبينة فى الشكل ٣-٤ ، حيث تستخدم مقاومة ذات موصلية ضوئية تتغير مع تغير التدفق الضيائي ، فيتغير التيار المار عبرها ايضا .

ويمكن ان تؤمن المقاومة الضوئية حساسية للضوء ، اعلى بكثير من حساسية الخلية الكهروضوئية التى تعتمد على الابتعاث الكهروضوئى . ويعود ذلك الى ان عدد الالكترونات التى يحررها الضوء فى شبه موصل اكبر بكثير من عدد الالكترونات التى يحررها نفس الضوء من الكاثود الضوئى . فكل فوتون تقريبا قادر على تحرير الكترون واحد من شبه الموصل ( بينما هناك نسبة كبيرة من فوتونات الضوء لا تستطيع ان تنتزع الالكترونات من داخل الكاثود الضوئى ) ، وكل الكترون بعد تحرره فى شبه الموصل يمكن ان يتسارع بتأثير الفلطة المسلطة ثم يحرر بدوره عدة الكترونات جديدة ( الكترونات ثانوية ) . وعلى سبيل المثال ، تبلغ حساسية بعض المقاومات الضوئية المصنوعة من كبريتيد الثاليوم حوالى ٢,٥ امبير لكل لومن .



الشكل ٣ - ٤ . دائرة توصيل المقاومة الضوئية

غير ان المقاومات الضوئية تتميز

بعيب حال دون استخدامها وقتا طويلا ، وهو ان التيار الذى يمر من خلال المقاومة الضوئية لا يستطيع ان يتغير آنيا ( بسرعة كبيرة ) مع تغير التدفق الضيائى ، اى ان الموصلية الضوئية تنصف بنوع من القصور الذاتى ، وذلك ينتج عن ان عملية تحرير الالكترونات الثانوية فى المواد ذات الموصلية الضوئية تستمر وقتا معينا بعد لحظة تأثير الضوء . وتسمى هذه الظاهرة بالتخلف او المداومة .

ولكن السعى الى الاستفادة من الحساسية العالية التى تؤمنها المقاومات الضوئية قد ادى الى ايجاد طرائق امكن بواسطتها تخفيف تأثير التخلف ، مما اتاح المجال لاستخدام الموصلية الضوئية فى انابيب التصوير التلفزيونى .



### البند ٣-٣ خصائص تكبير التيارات الكهرضوئية

١- فكرة عامة حول التكبير والتشويشات : ان التيارات الكهرضوئية التى تعطىها اكثر الخلايا الكهرضوئية حساسية هى تيارات صغيرة جدا ، بحيث ان استخدامها عمليا يتطلب تكبيرها مئات آلاف او ملايين المرات . ويتم ذلك بواسطة مكبرات تعمل بالصمامات او الترانزيستورات او مضاعفات الالكترونات . وينبغى ان تتم عملية تكبير التيارات الكهرضوئية او غيرها من الاشارات الضعيفة بدون ان يحصل تداخل بين هذه الاشارات والتشويشات المختلفة ، التى قد يبلغ مستواها مستوى الاشارة المفيدة ، وربما يفوقه .

وهكذا ينبغى تقليص التشويشات التى يمكن ان تتعرض لها دوائر تكبير الاشارة التلفزيونية بحيث تكون نسبة تيار او فلتية الاشارة المرغوب فيها الى مقدار التشويش أو الاشارة غير المرغوب فيها حوالى ٣٠ او اكثر ، والا لن تكون الصورة التلفزيونية جيدة . وتنشأ التشويشات التى تتعرض لها دوائر التكبير داخل هذه الدوائر وخارجها .

ويمكن ان تتسرب التشويشات التى تنشأ خارج دوائر التكبير نتيجة للحث المتبادل بين دوائر التيار المتردد المتجاورة ، او نتيجة لسوء ترشيح (تنعيم) موجات تيار التغذية بعد تقويمه ، او نتيجة للتأثير الميكروفونى فى الصمامات (تغير الابعاد النسبية بين الكترودات الصمامات بسبب الاهتزازات الميكانيكية المختلفة) ، وغير ذلك . ويمكن ان تظهر هذه التشويشات على الصورة التلفزيونية على هيئة اشكال (نماذج) مميزة لها ، او على هيئة اشرطة معتمة ومضيئة تتعاقب بعد بعضها . وقد تكون هذه الاشكال او الاشرطة ثابتة (اذا كان تردد الاشارة المشوشة من اضعاف تردد المسح) ، ولكنها غالبا ما تتحرك على الصورة بسرعة تختلف باختلاف النسبة بين تردد التشويش وتردد المسح .

ويمكن تقليص التشويشات التي تنشأ خارج دوائر التكبير ، اذا صممت هذه الدوائر تصميمًا سليماً ، واذا اتخذت تدابير احتياطية خاصة بذلك . بحيث تصبح تلك التشويشات غير ملحوظة .

اما التشويشات التي تنشأ داخل دوائر التكبير فهي تنتج عن التأثير الحرارى والتأثير الطلقى فى هذه الدوائر وفى الخلايا الكهروضوئية ( او انابيب التصوير التلفزيونى ) . ولو أثرت هذه التشويشات على سماعة ، لسمعنا ضجيجاً او ضوضاء عشوائية ، ولذلك تسمى هذه التشويشات بالضوضاء . واذا شاهدنا هذه التشويشات على شاشة تلفزيون ، يمكن ان نراها كالثلج المتساقط .

وتنشأ الضوضاء الحرارية ( التشويشات الناجمة عن التأثير الحرارى ) فى موصلات ومقاومات دوائر التكبير نتيجة للحركة الحرارية ( العشوائية ) التي تؤديها الالكترونات باستمرار فى اية مادة . وتمثل هذه الحركة العشوائية تياراً عشوائياً يغير قيمته واتجاهه باستمرار ، وتولد بين طرفي الموصل او المقاومة فلطية متغيرة ( ضوضائية ) تتحدد قيمتها بالعلاقة :

$$U_N = \sqrt{4kTR\Delta f} \quad (3.1)$$

حيث  $k$  هو ثابت بولتزمان ( $k = 1.37 \cdot 10^{-23}$  joule/°K) ، و  $T$  هي درجة الحرارة المطلقة وتساوى عادة حوالى ۳۰۰ درجة كلفن (°K) ، و  $R$  هي المقاومة بالاومات ( $\Omega$ ) ، و  $\Delta f$  هو نطاق ترددات دائرة التكبير ، وهو ينبغي ان يكون مساوياً لعرض طيف الإشارة او اكبر منه قليلاً ، وهو فى الارسال التلفزيونى حوالى ۶ ملايين هرتز ( او دور فى الثانية ) .

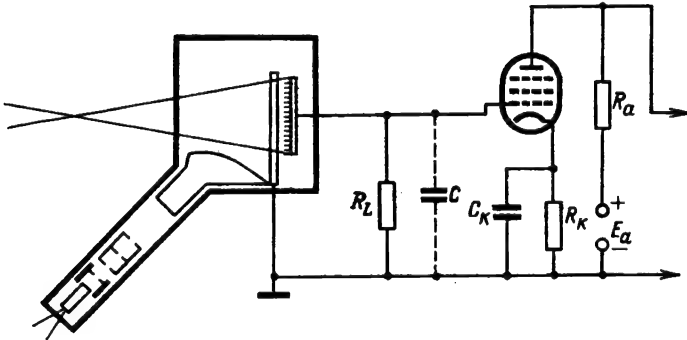
اما الضوضاء الطلقية ( التشويشات الناتجة عن الظاهرة الطلقية ) ، فهي تنشأ نتيجة لأن سيل الالكترونات فى الخلية الكهروضوئية او انبوب التصوير او صمام التكبير هو عبارة عن سيل لجسيمات ( تنبعث كالطلقات ) ، يتغير عددها وسرعتها من لحظة الى اخرى تغيراً عشوائياً مستمراً ، رغم ان التيار الوسطى يظل ثابتاً ( خلال فترة قصيرة من الزمن ) ، وهكذا يكون سيل الالكترونات

مؤلفا من مركبتين : تيار وسطي ، يحدد تيار الإشارة  $i_s$  ومركبة عشوائية (ضوضائية) يتحدد مقدارها بالعلاقة :

$$i_N = \sqrt{2 i_s e \Delta f} \quad (3.2)$$

حيث  $e$  هي شحنة الالكترون وتساوى بالكولون  $1.601 \cdot 10^{-19}$  ؛  
 $\Delta f$  - نطاق الترددات ، بالهرتز .

٢- ضوضاء المكبر الصمامي : لكي تكبر التيارات الكهروضوئية بواسطة مكبر صمامي ، ينبغي اولا تحويل هذه التيارات الى فلطيات متناسبة معها . ولذلك يمرر تيار الخلية الكهروضوئية او انبوب التصوير بمقاومة تسمى مقاومة الحمل  $R_L$  ، ثم يسלט الجهد المتكون على هذه المقاومة على مدخل المكبر ( الشكل ٣ - ٥ ) .



الشكل ٣ - ٥ . دائرة المرحلة الاولى لتكبير اشارة الصورة

ويتضمن هذا الجهد بالاضافة الى جهد الإشارة كلا من الضوضاء الطلقية المتولدة في الخلية الكهروضوئية او انبوب التصوير والضوضاء الحرارية المتولدة في المقاومة  $R_L$  . ويقوم الصمام بتكبير الإشارة والتشويشات العشوائية المرافقة لها ، ويولد هو بنفسه ضوضاء طلقية تضاف الى تلك التشويشات . وبعد تكبير الإشارة بواسطة اول صمام تكبير ، يصبح مستواها عادة كبيرا لدرجة انه يمكن اهمال ضوضاء الصمامات اللاحقة .

ويمكن ان تقلص الضوضاء الحرارية التي تنشأ في المقاومة  $R_L$  لدرجة تسمح باهمال هذه الضوضاء ، اذا جعلنا قيمة المقاومة كبيرة لدرجة كافية ، اذ ان فلطية الاشارة المتكونة على  $R_L$  تتناسب مع  $R_L$  (لأنها تساوى  $i_s R_L$ ) ، بينما تتناسب فلطية الضوضاء الحرارية مع  $\sqrt{R_L}$  حسب العلاقة (3.1) ، ولذلك تتناسب نسبة الاشارة الى الضوضاء الحرارية طرديا مع  $\sqrt{R_L}$  ، اى ان الضوضاء الحرارية تضعف نسبيا كلما ازدادت  $R_L$  . كما يمكن عادة اهمال تأثير ضوضاء الخلية الكهروضوئية او انبوب التصوير لكونها صغيرة عادة بالمقارنة مع الضوضاء التي تنشأ في صمام التكبير .

وتحدد الضوضاء التي تنشأ في الصمام تقريبا حسب العلاقة (3.2) ، اى تتحدد بشدة تيار الانود . ولكن مقدارها يتأثر ايضا بخواص الصمام ودائرة الشبكة ودائرة الانود . ويمكن حساب ضوضاء الصمام ، اذا عرفنا « مقاومة الشبكة الضوضائية المكافئة » التي تعتبر احدى بارامترات الصمام : وهذه المقاومة هى مقاومة وهمية ، لو وصلت بشبكة الصمام « الخلى من الضوضاء » ، فان الضوضاء الحرارية التي تولدها تكون بعد تكبيرها معادلة للضوضاء الطلقية التي يولدها الصمام الحقيقى . وتحدد قيمة المقاومة الضوضائية المكافئة بواسطة قياسات خاصة . وهى تتراوح بين ٥٠ و ٥٠٠ أوم فى حالة الصمامات الثلاثية ، بينما هى فى حدود ٢٠٠ - ٢٠٠٠ أوم فى حالة الصمامات الخماسية .

وهكذا ، اذا اخذنا فى الاعتبار ضوضاء صمام التكبير الاول فقط ، يمكن ان نستنتج ان نسبة الاشارة الى الضوضاء فى خرج المكبر تساوى تقريبا :

$$\Psi \approx \frac{i_s}{4 \pi C \sqrt{\frac{1}{3} k T R_N \Delta f^3}} , \quad (3.3)$$

حيث  $R_N$  هى المقاومة الضوضائية المكافئة ، اما  $C$  فهى السعة الطفيلية التي تتألف من سعة مدخل الصمام وسعة توصيلات الدائرة وما الى ذلك ، وهى ذات تأثير كبير لأنها موصلة على التوازي مع المقاومة  $R_L$  (الشكل ٣ - ٥) ، التي هى كبيرة جدا كما اشرنا سابقا .

ولكى تكون نسبة الاشارة الى الضوضاء  $\Psi$  اكبر من حد ادنى  $\Psi_{min}$  ،  
 نبغى الا يقل تيار الاشارة عن حد ادنى  $i_{min}$  :

$$i_{s\ min} = 4 \pi C_{\Psi\ min} \sqrt{\frac{1}{3} k T R_N \Delta f^3}$$

فاذا بدلنا القيم التى نصادفها عمليا فى الارسال التلفزيونى :

$$\Psi_{min} = 30, \quad \Delta f = 6 \cdot 10^6 \text{ Hz}, \quad R_N = 500 \Omega, \quad T = 300^\circ \text{K}$$

نجد ان  $i_{s\ min}$  يساوى (بالامبير)  $9.1 \cdot 10^{-8} \text{ A}$  .

٣- ضوضاء الترانزيستور : توجد فى الترانزيستور مصادر عديدة للضوضاء تعرقل استخدامه لتكبير الاشارات الضعيفة . وتنشأ الضوضاء فى الترانزيستور اساسا نتيجة للتغيرات العشوائية للتيار فى كل من وصلتي الترانزيستور ، والضوضاء الحرارية فى مادة القاعدة ، والتغيرات العشوائية التى تحدث فى عملية انتشار حوامل الشحنات واعادة اتحادها .

وتقدر ضوضاء الترانزيستور بواسطة ما يسمى رقم الضوضاء ، وهو عبارة عن نسبة القدرة الكلية للضوضاء فى خرج دائرة التكبير الى قدرة ذلك الجزء من الضوضاء الذى ينتج عن مقاومة مصدر الاشارة .

ملاحظة : يقدر رقم الضوضاء احيانا ، كالكسب (نسبة التكبير) والتوهين (التخامد) بوحدة لوغاريتمية تسمى الديسيبل . ويحدد عدد الديسيبلات باللوغاريتم العشري لنسبة قدرتي الدخل والخرج  $K_p$  او نسبة فلطيتي الدخل والخرج  $K_U$  ، او نسبة تيارى الدخل والخرج  $K_I$  ، حسب العلاقة :

$$N_{db} = 10 \lg K_p = 20 \lg K_U = 20 \lg K_I$$

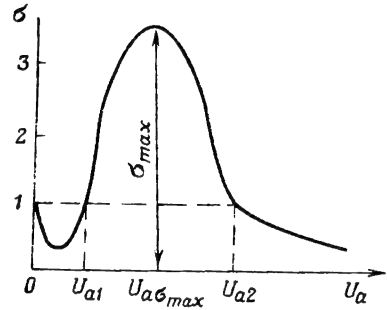
وتستخدم احيانا وحدة لوغاريتمية اخرى تسمى النبر وهى تساوى ٨,٧ ديسيبل .

وهكذا ، اذا كان رقم ضوضاء ترانزيستور هو ٢٠ ديسيبل ، فهذا يعنى انه يولد ضوضاء تزيد قدرتها ١٠٠ مرة (اي تزيد فلطيتها ١٠ مرات) عما هى فى حالة المكبر المثالى (الخالى من الضوضاء) .

### البند ٣-٤ تكبير التيارات الكهروضوئية بواسطة مضاعف الالكترونات

١- الابتعاث الثانوى : يعتمد عمل مضاعف الالكترونات الذى يستخدم فى الصمام الضوئى المضاعف وما الى ذلك على ظاهرة الابتعاث الثانوى ، اى ظاهرة اشعاع بعض المواد للالكترونات عند قذفها بسيل من الالكترونات ، شأنها فى ذلك شأن اشعاع الالكترونات بفضل التسخين (الابتعاث الثرميونى او الحرارى) او بتأثير الضوء (الابتعاث الكهروضوئى) .

ويحدث الابتعاث الثانوى من مادة ما ، اذا كانت طاقة كل من الالكترونات القاذفة لهذه المادة (الالكترونات الابتدائية او الاولى) كافية لتحرير الكترون واحد او عدد من الالكترونات (الثانوية) واقتلاعها من المادة . ويسمى



الشكل ٣-٦ . العلاقة بين معامل الابتعاث الثانوى وسرعة الالكترونات القاذفة

العدد الوسطى للالكترونات الثانوية التى يحررها الكترون ابتدائى واحد

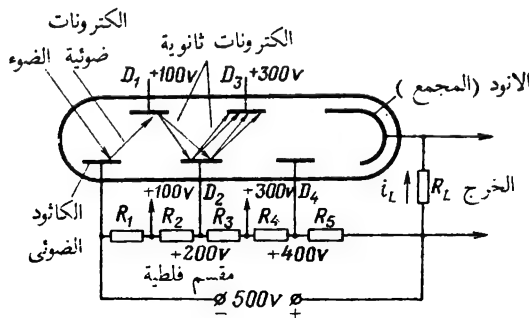
معامل الابتعاث الثانوى ( $\sigma$ ) . وهو يتوقف على سرعة الالكترونات القاذفة وخواص السطح المقذوف . ويمثل الشكل ٣-٦ العلاقة بين  $\sigma$  والجهد  $U_a$  المسلط على الالكترود (الانود) المعجل للالكترونات الابتدائية . وكما سنبين فى الفصل القادم تتحدد سرعة الالكترونات الابتدائية  $v$  بالجهد  $U_a$  حسب العلاقة :  $v = 600 \sqrt{U_a}$  (حيث يعبر عن  $U_a$  بالفولط ، ويعبر عن  $v$  بالكم/ثا) . ونلاحظ من الشكل ٣-٦ انه عندما  $U_a$  يساوى الصفر ، اى عندما تكون سرعة الالكترونات الابتدائية صفرا ، فان معامل الابتعاث  $\sigma$  يساوى الواحد . ويفسر هذا بأن الالكترونات الابتدائية التى تسقط على السطح ببطء (بسرعة صفيرية) ترتد عنه بتأثير شحنة الفراغ (شحنة الالكترونات المتجمعة عند السطح) . اما اذا كانت سرعة الالكترونات الابتدائية اكبر من الصفر ، ولكن اقل من مقدار معين (ينظر  $U_{a1}$ ) ، فان  $\sigma$  يصبح

اقل من الواحد ، اذ يصبح بإمكان بعض الالكترونات الابتدائية ان تجتاز شحنة الفراغ ، وتسقط على السطح بدون ان « تقتلع » الالكترونات الثانوية من السطح نفسه . واذا كان الجهد المعجل اكبر من  $U_{a1}$  ، فان  $\sigma$  يصبح اكبر من الواحد ، لأن سرعة الالكترونات الابتدائية تصبح كبيرة لدرجة انها تصبح قادرة على اقتلاع عدد كبير من الالكترونات الثانوية . واذا كان  $U_a$  كبيرا جدا ( اكبر من  $U_{a2}$  ) ، فان سرعة الالكترونات الابتدائية تصبح كبيرة جدا لدرجة انها تنفذ الى اعماق المادة المقذوفة ، بحيث لا تستطيع الالكترونات المتحررة في تلك الاعماق ان تخرج الى خارج المادة ، فينبعث من المادة عدد قليل من الالكترونات الثانوية . ولذلك يصبح  $\sigma$  من جديد اقل من الواحد .

ويبلغ معامل الابتعاث الثانوى قيمته العظمى  $\sigma_{max}$  عندما تكون قيمة الجهد المعجل محصورة بين  $U_{a1}$  و  $U_{a2}$  . وقد تصل قيمة  $\sigma_{max}$  لبعض المواد ( مركبات السيزيوم ) الى حوالى ٢٠ .

وتتراوح قيمة الجهد  $U_a$  المقابلة لـ  $\sigma_{max}$  للمواد المختلفة بين ١٠٠ و ٨٠٠ فولط ، فيما تتراوح قيمة  $U_{a1}$  بين عشرات الفولط و ٢٠٠ فولط ، وتتراوح قيمة  $U_{a2}$  بين ٥ و ٨ كيلوفولط .

٢ - تركيب الصمام الضوئى المضاعف : ان الصمام الضوئى المضاعف ( الشكل ٣ - ٧ ) يتألف من كاثود ضوئى وعدة الالكترودات ، يسمى كل



الشكل ٣ - ٧ . رسم تخطيطى لتركيب وتوصيل الصمام الضوئى المضاعف

منها بالدينود ( اى انود قادر على الابتعاث الثانوى ) . ويسلط على كل دينود جهد موجب ) اكبر من الجهد المسلط على الدينود السابق له ) . ويختار شكل الدينودات ووضعاها المتبادل بحيث تسقط الالكترونات المنبعثة من كل دينود على الدينود الذى يليه . وتختار مادة سطح الدينودات ، كما يعالج هذا السطح معالجة خاصة للحصول على اكبر قيمة ممكنة لمعامل الابتعاث الثانوى .

وتتم عملية التكبير فى الصمام الضوئى المضاعف بتعجيل الالكترونات الضوئية ( المنبعثة من الكاثود الضوئى ) بواسطة فرق الجهد بين الدينود الاول والكاثود الضوئى ، لتصطدم بهذا الدينود وتقتلع منه عددا من الالكترونات الثانوية ، اكبر بـ  $\sigma_1$  مرة . ويجتذب الدينود الثانى هذه الالكترونات ، بفضل الجهد الاعلى المسلط عليه ، لتصطدم به ، ويقتلع كل منها من هذا الدينود عددا مساويا لـ  $\sigma_2$  من الالكترونات الثانوية الجديدة . وهكذا فان الدينودات التى تمثل ما يسمى مضاعف الالكترونات تؤمن نسبة تكبير :

$$K = \sigma_1 \sigma_2 \sigma_3 \dots \sigma_n ,$$

حيث  $\sigma_1$  ،  $\sigma_2$  ،  $\sigma_3 \dots \sigma_n$  هى معاملات الابتعاث الثانوى للدينودات ، اما  $n$  فهو عدد الدينودات .  
واذا كانت معاملات الابتعاث الثانوى للدينودات متساوية ، ومساوية لـ  $\sigma$  ، فان :

$$K = \sigma^n$$

وهكذا ، اذا كان عدد الدينودات هو عشرة ، وقيمة  $\sigma$  هى خمسة فان نسبة التكبير تساوى  $5^{10}$  ، اى حوالى عشرة ملايين !  
ولا يمكن الحصول على اكثر من هذه النسبة عمليا ، لعدة اسباب ، ومنها اولا ، اذا كان عدد الدينودات كبيرا ، ينبغى استخدام مصادر تغذية ذات فلطيات عالية جدا ، وهذا غير ملائم عمليا ، ثانيا ، اذا كان عدد الالكترونات كبيرا جدا عند الدينودات الاخيرة ، تتكون شحنات فراغ تلزم



لتشتيتها فلطيات عالية، مما يؤدي الى زيادة القدرة المشتتة على الدينودات ، كما ينخفض الابتعاث الثانوى .

كما وان مضاعف الالكترونات قادر على تكبير اشارات اضعف بكثير من الاشارات التى يمكن تكبيرها بواسطة المكبر الصمامى . وتحدد المركبة العشوائية فى خرج مضاعف الالكترونات بالضوضاء الطلقية فى المضاعف نفسه ، بحيث تكون نسبة الاشارة الى الضوضاء فى خرج الصمام الضوئى المضاعف :

$$\psi = \sqrt{\frac{i_s (\sigma - 1)}{2 e \Delta f \sigma}} .$$

لنحدد الحد الادنى لتيار الاشارة ( تيار الالكترونات الضوئية ) الذى يمكن تكبيره بواسطة مضاعف الالكترونات ، بحيث تكون نسبة الاشارة الى الضوضاء اكبر من ٣٠ ، فنجد بافتراض  $\sigma = 5$  ، وباعتبار :

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ coulomb}, \quad \Delta f = 6 \cdot 10^{-6} \text{ Hz},$$

$$i_{s \min} = 0.22 \cdot 10^{-8} \text{ A} .$$

اى ان الحد الادنى للاشارة التى يمكن تكبيرها بواسطة مضاعف الالكترونات اقل ٥٠ مرة من الحد الادنى للاشارة التى يمكن تكبيرها بواسطة المكبر الصمامى اذا كانت نسبة الاشارة الى الضوضاء هى ٣٠ . ويمتاز مضاعف الالكترونات ايضا بأنه يمكن ان يكبر اشارات عريضة النطاق الترددى ، كما يمتاز بصغر حجمه ووزنه . ولكنه ، كما سبق ان اشرنا ، لا يصلح لتكبير الاشارات القوية . ولذلك يقوم مضاعف الالكترونات بتكبير التيار الكهروضوئى الى مستوى يفوق الحد الادنى الذى يمكن ان يكبره المكبر الصمامى بدون ضوضاء ملحوظة ، على ان تتم عملية التكبير الى المستوى اللازم بواسطة مكبر صمامى يعثّل مع ذلك الصمام الضوئى المضاعف .

## الفصل الرابع

# اسس البصريات الالكترونية

### البند ٤ - ١ معلومات عامة

يعتمد عمل انايبب التصوير وانايبب الصورة التلفزيونية اعتمادا كبيرا على اسس البصريات الالكترونية ، العلم الذى يدرس حركة الجسيمات المشحونة فى المجالين الكهربائى والمغناطيسى .  
ويسمى هذا العلم الكترونيا لانه يتعلق بحركة الالكترونات ، ويسمى بالبصريات ، على غرار البصريات الضوئية ، لأن سلوك الحزم الالكترونية فى المجالين الكهربائى والمغناطيسى يشبه الى حد بعيد سلوك الاشعة الضوئية فى الاوساط الشفافة المختلفة .

### البند ٤ - ٢ حركة الالكترون فى المجال الكهربائى

ان المجال الكهربائى يؤثر على الالكترون الموجود فيه بقوة معاكسة له بالاتجاه وتساوى حاصل ضرب شحنة الالكترون  $e$  فى شدة المجال  $E$  :

$$F = -eE \quad (4.1)$$

ويكتسب الالكترون بتأثير هذه القوة تسارعا (عجلة) يمكن تحديده حسب قانون نيوتن :

$$F = ma \quad (4.2)$$

حيث  $m$  هى كتلة الالكترون ، بينما  $a$  هو التسارع .  
وهكذا نجد من العلاقتين ( 4.1 ) ، ( 4.2 ) :

$$a = -\frac{eE}{m} \quad (4.3)$$

وإذا كان المجال منتظما ، فان التسارع  $a$  يكون ثابتا ، اى يتحرك الالكترن حركة مستقيمة منتظمة التسارع . وإذا كانت سرعته الابتدائية صفرا ، فان سرعته فى اى مكان تتحدد بفرق الجهد  $U$  ، انطلاقا من العلاقة التى تحدد الطاقة الحركية :

$$\frac{mv^2}{2} = eU \quad (4.4)$$

وهكذا :

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot eU}{m}} \quad (4.5)$$

وإذا عبرنا عن  $U$  بالفولط ، نجد السرعة  $v$  بالامتر فى الثانية حسب العلاقة :

$$v = 5.93 \cdot 10^5 \sqrt{U} \quad (4.6)$$

وإذا عبرنا عن السرعة  $v$  بالكيلومترات فى الثانية ، نجد تقريبا :

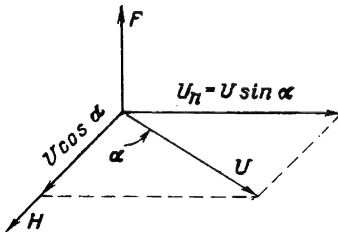
$$v \approx 600 \sqrt{U}$$

وهكذا تتوقف السرعة التى يكتسبها الالكترن فى المجال الكهربائى على فرق الجهد فقط ، ولذلك يمكن التعبير عن السرعة مجازا بالفولط .

### البند ٤ - ٣ حركة الالكترن فى مجال مغنطيسى

يؤثر المجال المغنطيسى  $H$  على الالكترن الذى يتحرك فيه بسرعة  $v$  فى اتجاه يميل عن اتجاه المجال بزاوية  $\alpha$  بقوة  $F$  عمودية على المستوى الذى يضم المتجهين  $\vec{v}$  و  $\vec{H}$  (الشكل ٤ - ١) ، ويتحدد مقدار القوة بالعلاقة :

$$F = evH \sin \alpha \quad (4.7)$$



وتبين هذه العلاقة ان المجال المغنطيسى لا يؤثر على الالكترن اذا كان غير متحرك ( $v=0$ ) ، او اذا كان يتحرك فى اتجاه المجال ( $\alpha=0$ ) ، كما تبين انه اذا

الشكل ٤ - ١ . القوة المؤثرة على إلكترن يتحرك فى مجال مغنطيسى

حللنا سرعة الالكترتون الى مركبتين ، احدهما عمودية على المجال والاخرى موازية له ، فان المجال يؤثر فقط على المركبة العمودية ( $v_n = v \sin \alpha$ ). وطالما ان المجال المغنطيسي يؤثر على الالكترتون بقوة عمودية دائما على اتجاه حركته ، فان الشغل الذى تبذله هذه القوة يساوى الصفر ، اى ان الطاقة الحركية للالكترتون لا تتغير بتأثير المجال المغنطيسي ، فتبقى سرعته ثابتة القيمة وتتغير فقط من حيث الاتجاه ( اى ان تأثير المجال المغنطيسي ينحصر فقط فى انحناء مسار الالكترتون ) .

لنفترض اولا ان الالكترتون قد دخل مجالا مغنطيسيا منتظما باتجاه عمودى على المجال ، اى ان سرعته تحتوى فقط على مركبة عمودية على المجال ( $v = v_n$ ) . ففي هذه الحالة يضطر الالكترتون ان يتحرك حركة دائرية (ينحنى مساره بتأثير المجال المنتظم) ، ويتحدد نصف قطر خط الدوران  $r$  من شرط تساوى القوة العمودية على خط الحركة (القوة الجاذبة الى المركز) ، المساوية  $ev_n H$  والقوة الطاردة المركزية  $\frac{mv_n^2}{r}$  ، اى :

$$\frac{mv_n^2}{r} = ev_n H,$$

$$r = \frac{mv_n}{eH} \quad (4.8)$$

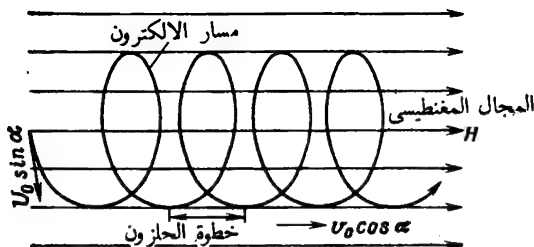
ويدور الالكترتون كل دورة ( $2\pi r$ ) خلال فترة مساوية :

$$T = \frac{2\pi r}{v_n} = \frac{2\pi m}{eH} = \frac{\text{const}}{H} \quad (4.9)$$

اى ان فترة دوران الالكترتون تتوقف فقط على شدة المجال المغنطيسى ولا تعتمد على السرعة التى يبدأ بها الالكترتون حركته فى المجال المغنطيسى . ولقد استفيد من هذه الخاصية فى طريقة التركيز المغنطيسية .

واذا دخل الالكترتون المجال المغنطيسى المنتظم باتجاه غير عمودى ، بل بزاوية ما  $\alpha$  ، فان سرعته فى هذه الحالة تتألف من مركبة موازية للمجال  $v \cos \alpha$  (وهى لا تتفاعل معه كما سبق ان ذكرنا) ومركبة  $v_n$  عمودية على المجال ومساوية  $v \sin \alpha$  . وبفضل هذه المركبة يضطر الالكترتون للحركة على خط

دائري ، تضاف اليها الحركة الناتجة عن المركبة الموازية للمجال  $v \cos \alpha$  ،  
ولذلك يتحرك الالكترون على طريق حلزوني ( الشكل ٤ - ٢ ) . وتحدد  
خطوة الخط الحلزوني ، اى المسافة  $s$  التى يجتاها الالكترون بفضل المركبة



الشكل ٤ - ٢ . مسار الكترون دخل المجال المغنطيسى بسرعة ابتدائية  $v_0$  مائلة عن اتجاه المجال  
بزاوية  $\alpha$

الموازية للمجال المغنطيسى خلال دورة واحدة من الدورات الناتجة عن المركبة  
العمودية ، حسب العلاقة :

$$s = Tv \cos \alpha = \frac{2\pi mv}{H} \cos \alpha \quad (4.10)$$

واذا اخذنا فى الاعتبار ان الالكترونات فى الانابيب التلفزيونية ( انابيب  
التصوير) تدخل المجال المغنطيسى المنتظم ، المستخدم للتركيز ، بزوايا  
 $\alpha$  صغيرة ، بحيث يكون  $\cos \alpha \approx 1$  ، فيمكننا تحديد خطوة الحلزون من  
العلاقة (4.10) والعلاقة (4.5) كما يلى :

$$s \approx \frac{2\pi mv}{H} = \frac{2\pi}{H} \sqrt{\frac{2m}{e}} U_a \quad (4.11)$$

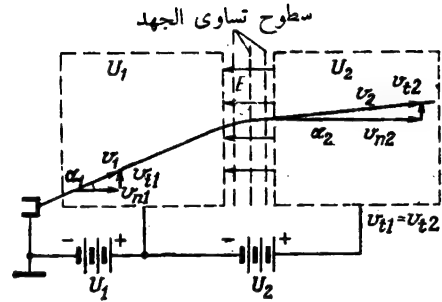
#### البند ٤ - ٤ التركيز الالكتروستاتى

ان تركيز الحزم الالكترونية بالطريقة الالكتروستاتية (الكهربائية  
الاستاتيكية) يعتمد على ظاهرة انحراف مسار الالكترونات بتأثير المجال  
الكهربائى .

ولكى يتحرك الالكترتون حركة مستقيمة منتظمة بدون انحناء ينبغى الا توجد اية مجالات ( كهربائية ومغناطيسية ) فى مكان الحركة .

وهكذا عندما يتحرك الالكترتون داخل شبكة معدنية اسطوانية ، لا توجد فى داخلها اية مجالات ( لا يوجد داخلها مجال كهربائى لانها متساوية الجهد ) ، كما فى الشكل

٣-٤ ، فهو يتحرك حركة مستقيمة ومنتظمة ، ولا ينحرف الا عندما ينتقل من الحيز المحصور داخل تلك الشبكة الى الحيز المحصور داخل شبكة اخرى سلط عليها جهد مختلف .



الشكل ٣-٤ . انكسار الشعاع الالكترونى عند الحد الفاصل بين حيزين ، كل منهما متساوى الجهد

لنفترض ان الشبكة الثانية مشابهة للاولى ومتساوية الجهد ايضا ولكن جهدها  $U_2$  اعلى من جهد

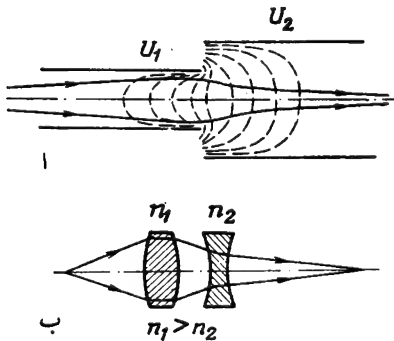
الشبكة الاولى  $U_1$  . ففى هذه الحالة يتحرك الالكترتون بعد انتقاله الى الحيز المحصور داخل الشبكة الثانية حركة مستقيمة ومنتظمة ايضا ، ولكن اتجاه حركته هنا يميل بزاوية  $(\alpha_2)$  تختلف عن زاوية ميل اتجاه حركته داخل الشبكة الاولى  $(\alpha_1)$  نتيجة للانحراف الذى يحدث فى منطقة الانتقال حيث يوجد مجال كهربائى يتجه عموديا على السطحين اللذين يحدان المنطقتين المتساويتى الجهد ، فيؤثر هذا المجال على الالكترتون عندما يمر من خلاله بقوة عمودية ايضا على السطحين المتساويتى الجهد . وبتأثير هذه القوة تزداد مركبة سرعة الالكترتون العمودية على السطحين المتساويتى الجهد  $(v_n)$  بينما تبقى المركبة الموازية او المماسية لهما  $(v_t)$  كما كانت ، اى  $v_{t1} = v_{t2}$  ، او  $v_1 \sin \alpha_1 = v_2 \sin \alpha_2$  ، ولذلك :

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{U_2}}{\sqrt{U_1}} \quad (4.12)$$

وهكذا ينحرف مسار الالكترون حسب علاقة مشابهة لقانون انكسار الاشعة الضوئية عند الحد الفاصل بين وسطين شفافين يختلفان بدليل الانكسار  $n$  ( اى القانون  $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$  ) ويقوم بدور دليل الانكسار هنا المقدار  $\sqrt{U}$  او ما يتناسب معه .

وتنتج من العلاقة (4.12) قاعدة مفيدة عمليا : عندما تنتقل الالكترونات من حيز متساوى الجهد الى حيز آخر أعلى جهدا ومتساوى الجهد ايضا ، تنحرف تلك الالكترونات نحو العمود على السطحين المتساويى الجهد فى نقطة التقاطع معهما . اما اذا تحركت الالكترونات بالعكس ، من الجهد الاعلى الى الجهد الاقل ( وهذا ممكن بفضل سرعتها الابتدائية ) ، فهى تنحرف مبتعدة عن العمود .

وبناء على القاعدة والعلاقة (4.12) تصمم « العدسات » الالكترونية المختلفة ، التى تستخدم لتركيز الحزم الالكترونية . ومن اكثر العدسات الالكترونية انتشارا عدسة تسمى ثنائية الجهد ( او العدسة المعجلة ) .



الشكل ٤-٤ . عدسة معجلة مكونة من اسطوانتين ( أ ) ، وعدستان بصريتان مشابهتان لها ( ب )

وتألف هذه العدسة من اسطوانتين معدنيتين ، لهما محور مشترك ويمكن ان يكون قطراهما متساويين او مختلفين ، وقد تكون احدهما عبارة عن طبقة موصلة يطل بها جدار الانبوب . ويبين الشكل ٤-٤ عدسة ثنائية الجهد مؤلفة من اسطوانتين ، مختلفتى القطر ، يسلط على احدهما ( ذات القطر الاصغر ) جهد اصغر من جهد الاخرى .

لفترض ان حزمة من

الالكترونات تأتى من طرف الاسطوانة ذات القطر الاصغر بحيث تكون متباعدة عن محور مطابق لمحور الاسطوانتين . فتواجه الحزمة عند منطقة الانتقال بين الاسطوانتين سطوحا متساوية الجهد ، محدبة بالنسبة للجهة

التي تأتي منها الالكترونات . وتؤدي هذه السطوح المحدبة دور عدسة مجمعة ، تحرف الالكترونات نحو المحور . وبعد اجتياز حزمة الالكترونات لمنطقة الانتقال تواجه سطوحا متساوية الجهد ، مقعرة بحيث تقوم بدور عدسة مفرقة . الا ان تأثير هذه « العدسة » المفرقة اضعف من تأثير « العدسة » الاولى المجمعة ، لان سرعة الالكترونات داخل الاسطوانة الثانية اكبر منها في الاولى . وهكذا فان العدسة بكاملها تعمل كعدسة مجمعة . ويبين الشكل ٤ - ٤ ب مجموعة عدستين عاديتين ( بصريتين ) تؤثران على الاشعة الضوئية تأثيرا مشابها .

ويتوقف البعدان البؤريان للعدسة الثنائية الجهد على ابعاد الاسطوانتين ونسبة جهديهما  $(\frac{U_2}{U_1})$  ، ويمكن ضبط البعدين البؤريين ، او ضبط النقطة التي تركز فيها حزمة الالكترونات بضبط نسبة الجهدين . ويتم ضبط التركيز عادة بالتحكم في جهد الاسطوانة الاولى  $(U_1)$  .

#### البند ٤ - ٥ التركيز المغنطيسي

يمكن ان يتم تركيز الاشعة الالكترونية ايضا بواسطة مجال مغنطيسي ، تولده عادة ملفات يسرى فيها تيار مستمر . ويمكن احداث مجال التركيز احيانا بواسطة مغنطيسات دائمة . وتستخدم للتركيز المغنطيسي الكهربائي ملفات طويلة او قصيرة .

١ - التركيز بواسطة ملف طويل : يتم التركيز في هذه الحالة بواسطة مجال منتظم مواز لمحور الانبوب ومتجانس من الكاثود حتى لوح الهدف . ويمكن احداث هذا المجال بواسطة ملف اسطوانى ( ذى طول كاف ) يحيط بالانبوب كما مبين فى الشكل ٤ - ٥ .

ويؤثر مجال التركيز على الالكترونات المنبعثة من الكاثود تأثيرا مختلفا باختلاف زاوية ميل مساراتها بالنسبة لمحور الانبوب . فاذا كانت الالكترونات تتحرك بموازة محور الانبوب ، فهي لا تتأثر بمجال التركيز المغنطيسى . اما اذا كانت تميل بزاوية معينة  $\alpha$  بالنسبة للمحور ( الشكل ٤ - ٦ ، أ ) ، فهي

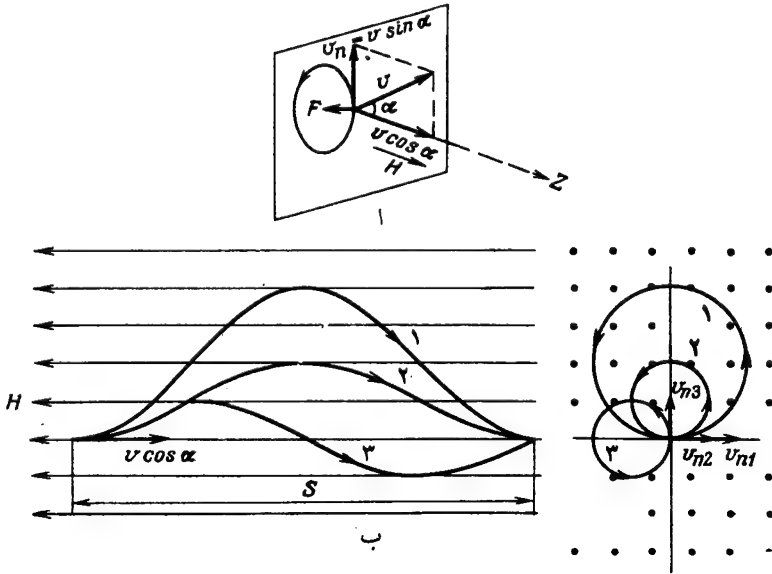




الشكل ٤ - ٥ . التركيز بملف طويل

تعرض لتأثير قوة متناسبة مع مركبة السرعة العمودية على المجال ( $v_n = v \sin \alpha$ ). وتسبب هذه القوة حركة دائرية تضاف الى الحركة الناتجة عن مركبة السرعة الموازية للمجال ( $v \cos \alpha$ ) ، فيتحرك كل الكترون على خط حلزوني يتحدد نصف قطره وفترة دورته وطول خطوطه حسب العلاقات (4.8) ، (4.9) ، (4.10) .

وطالما ان فترة الدورة  $T$  والخطوة  $s$  لا تعتمدان على المركبة العمودية للسرعة ، فان الالكترونات التي تنطلق من نقطة واحدة تعود فتلتقي في نقطة

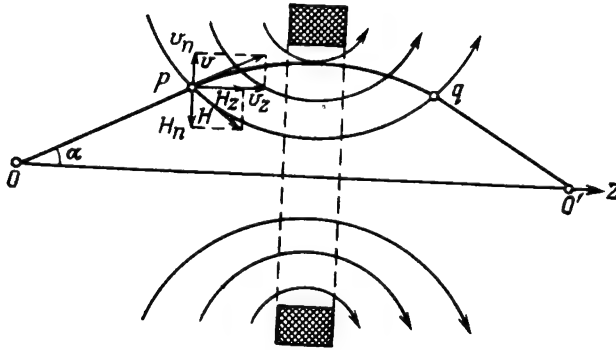


الشكل ٤ - ٦ . حركة الالكترونات في مجال ملف التركيز الطويل : أ - مسقط مسار الكترون على مستوى عمودي على محور الانبوب ؛ ب - مسارات عدة الالكترونات ومساقطها

واحدة من جديد بعد ان تدور دورة واحدة ( يتحدد نصف قطرها بالمركبة العمودية  $v \sin \alpha$  ) ، ويتكرر ذلك بعد كل دورة .

هذا وان مساقط مسارات الالكترونات على مستو عمودى على المحور، هى عبارة عن دوائر تمر من نقطة انطلاق الالكترونات ( الشكل ٤ - ٦ ، ب ) ، ويتحدد مكانها باتجاه السرعات الابتدائية للالكترونات بالنسبة الى محور الانبوب .

٢- التركيز بواسطة ملف قصير : يتم التركيز فى هذه الحالة بواسطة مجال يولده ملف قصير ، طوله اصغر بكثير من قطره ، بحيث تكون المسافة التى يؤثر فيها مجال الملف على الحزمة الالكترونية اصغر بكثير من مسار هذه الحزمة . ويقوم هذا الملف بتجميع الالكترونات المنطلقة من نقطة 0 بعيدة عنه فى نقطة 0' تقع ايضا خارج مجاله ، كما لو ان الملف يؤدى دو. عدسة تشكل صورة 0' للنقطة 0 ( الشكل ٤ - ٧ ) .



الشكل ٤ - ٧ . حركة الالكترونات فى مجال ملف قصير

وتعرض الالكترونات داخل مجال ملف التركيز القصير لتأثير قوة عمودية على اتجاه الحركة واتجاه المجال ، بينما يتغير اتجاه المجال على طول مسار الحركة . ويتحدد مسار الحركة داخل المجال بتسبب تفاعل مركبة المجال  $H_r$  العمودية على محور الانبوب z مع مركبة السرعة  $v_z$  الموازية لهذا المحور ، وتفاعل مركبة المجال  $H_z$  الموازية للمحور مع مركبة السرعة الدائرية

النتيجة عن تفاعل  $H_n$  مع  $v_z$  . واذا كانت المركبة  $H_n$  تسبب بتفاعلها مع مركبة السرعة حركة دائرية ، فان مركبة المجال  $H_z$  الموازية للمحور تسبب بتفاعلها مع مركبة السرعة الدائرية قوة تجبر مسار الالكترونات على الانحراف تدريجيا نحو المحور . وتتحرك الالكترونات قبل دخولها المجال وبعد خروجها منه حركة مستقيمة ، ولكنها تتجه بعد خروجها من المجال نحو محور الانبوب لتتجمع في نقطة واحدة ( $O'$ ) . ويمكن تحديد البعد البؤرى لملف التركيز القصير ( كعدسة مغناطيسية ) حسب العلاقة :

$$f \approx 50 \frac{U_a d}{(I\omega)^2} \quad (4.13)$$

حيث  $U_a$  (بالفولط) هو جهد تعجيل الالكترونات قبل تركيزها ، و  $d$  (بالستيمترات) هو القطر الوسطى لملف التركيز ، و ( $I\omega$ ) هو عدد الامبير لفات (حاصل ضرب عدد لفات الملف في التيار) .

#### البند ٤ - ٦ اوجه الاختلاف بين البصريات الالكترونية والضوئية

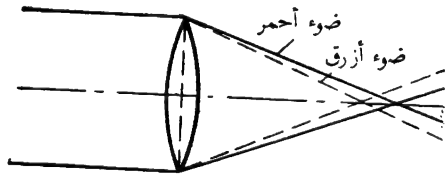
على الرغم من التشابه الكبير في سلوك الاشعة الالكترونية والضوئية ، نجد في سلوك هذه الاشعة وتلك اوجه اختلاف هامة .  
فبينما ينتشر الضوء بخطوط مستقيمة ، وينكسر عند الحد الفاصل بين وسطين مختلفين انكسارا حادا ، يكون انكسار الاشعة الالكترونية اشبه بانحراف تدريجى متصل ، اذ لا توجد حدود فاصلة واضحة في منظومات البصريات الالكترونية . وبينما تتميز العدسة البصرية ببعد بؤرى واحد لا يعتمد على اتجاه الاشعة ، اذ ان العدسة تكون عادة محاطة من جانبيها بوسط واحد ، نجد ان البعد البؤرى للعدسة الالكترونية يختلف باختلاف الجهة التى تأتى منها حزمة الالكترونات ، كما لو ان العدسة الالكترونية محاطة من جانبيها بوسطين مختلفين ، مناظرين للجهدتين المختلفين .

وإذا كان البعد البؤرى للعدسة البصرية ثابتا ، فان البعد البؤرى للعدسة الالكترونية يمكن ان يتغير فى مدى واسع بتغيير الجهود على الكترودات التركيز ، او بتغيير التيارات فى ملفات التركيز . وهكذا ايضا يمكن التحكم فى دليل انكسار الاشعة الالكترونية ، ويمكن جعله اكبر كثيرا من دليل انكسار الاشعة الضوئية الذى لا يزيد عن عدة وحدات .

وتتميز الاشعة الضوئية بانها لا تؤثر على خواص العدسات . اما الاشعة الالكترونية ، فهى يمكن ان تؤثر تأثيرا ملحوظا على مجال العدسات الالكترونية بسبب شحنات الفراغ التى تنشأ نتيجة لوجود تلك الاشعة ، كما ان الكترونات الشعاع الالكترونى يمكن ان تتنافر فيما بينها . وكل ذلك يمكن ان يؤدى الى ظهور تشويهاات ليس لها شبيه فى البصريات الضوئية .

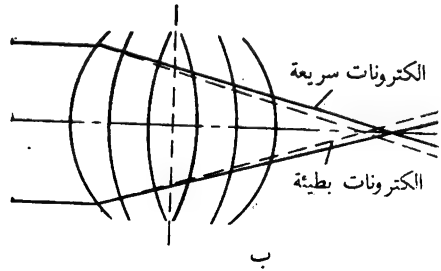
#### البند ٤ - ٧ التشويهاات التى تسببها العدسات الالكترونية

تتسم العدسات الالكترونية بتشويهاات عديدة ، بما فيها التشويهاات التى تتسم بها العدسات البصرية ولو اختلفت الاهمية النسبية لهذه التشويهاات .



١ - الزيغ اللونى : وينشأ

هذا التشويه فى البصريات الضوئية نتيجة لاختلاف درجة انكسار الاشعة الضوئية باختلاف طول موجتها ( فالاشعة الزرقاء تنكسر اكثر من الحمراء ) . وهو ينشأ ايضا فى البصريات الالكترونية ، نتيجة لاختلاف السرعات الابتدائية للالكترونات ، اذ ان الالكترونات التى تخرج من الكاثود بسرعات



الشكل ٤ - ٨ . القزح اللونى : أ - فى عدسة بصرية ؛ ب - فى عدسة إلكترونية

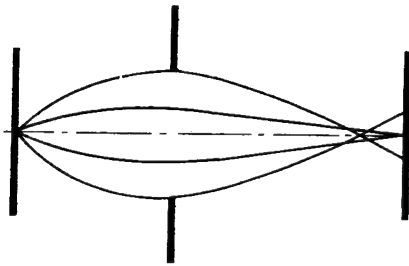
منخفضة تنحرف في العدسة الالكترونية وتتركز اكثر من الالكترونات التي تخرج بسرعات اكبر (الشكل ٤-٨) . وهكذا تتركز حزمة الالكترونات على الشاشة او لوح الهدف في بقعة دائرية بدلا من ان تتركز في نقطة ، اى يختل التركيز بصورة مشابهة للزيف اللوني في حالة تركيز الضوء . كما وان الاختلاف في السرعات الابتدائية للالكترونات يختلف حسب مصدر الالكترونات ، فهو يبلغ في حالة الكاثود الترميوى (الحرارى) عدة اجزاء عشرية من الفولط (اذا عبرنا عن سرعة الالكترون مجازا بالفولط) ، بينما يبلغ في حالة الكاثود الضوئى ١-٢ فولط ، ويبلغ في حالة الابتعاث الثانوى عدة فولطات .

٢- الزيف الكروى ، وينتج هذا التشويه بسبب اختلاف درجة انكسار الالكترونات البعيدة عن محور العدسة الالكترونية والالكترونات القريبة من

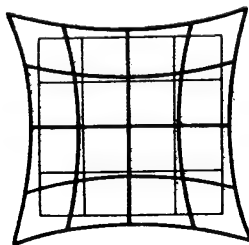
المحور (الشكل ٤-٩) ، فتتركز حزمة الالكترونات في بقعة بدلا من ان تتركز في نقطة .

٣- التشويبات الهندسية غير الخطية ، وهى التشويبات التى تنتج عن انزياح النقطة التى تتركز فيها الحزمة الالكترونية عن اوضاعها الصحيحة بدون اختلال التركيز . وتتجلى

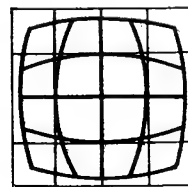
هذه التشويبات عادة بشكل تشويه « البرميل » وتشويه « مخدة الدبابيس » (الشكل ٤-١٠) .



الشكل ٤-٩ . القزح الكروى



ب



ا

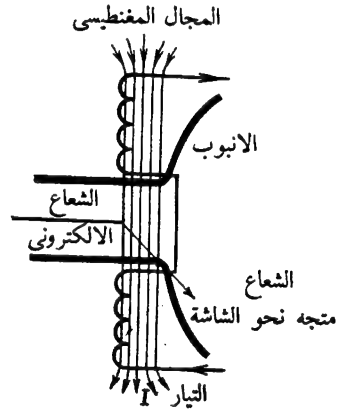
الشكل ٤-١٠ . التشوه الهندسى على شكل « البرميل » و « مخدة الدبابيس »

## البند ٤ - ٨ انحراف الشعاع الالكتروني

ان انحراف الشعاع الالكتروني (من اجل اجراء المسح) يمكن ان يتم بواسطة مجال الكتروستاتي او مجال مغنطيسي كهربائي . وكما اشرنا فى الفصل الثانى تتميز طريقة الانحراف المغنطيسي الكهربائي بمزايا عديدة (امكانية الحصول على زوايا انحراف كبيرة وما الى ذلك) ، جعلت من الافضل استخدامها فى انايبب التصوير وانايبب الصورة التلفزيونية . ولذلك سنستعرض هذه الطريقة بالتفصيل .

١ - العلاقات الاساسية : يتم الانحراف فى اتجاه معين (افقيا او رأسيا) بواسطة ملفين ، يركبان على جانبي عنق الانبوب (الشكل ٤ - ١١)

بحيث يكون محورهما عموديا على محور الانبوب . فاذا مرتبنا فى هذين الملفين ، نحصل فى داخل الانبوب على مجال مغنطيسي منتظم تقريبا ، عمودى على محور الانبوب . وينحرف الشعاع الالكتروني بتأثير هذا المجال فى اتجاه عمودى على كل من محور الانبوب ومحور ملفى الانحراف .

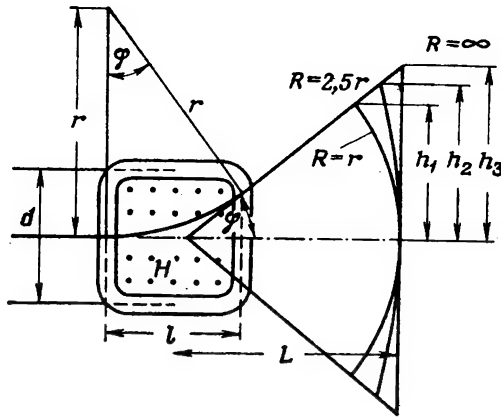


الشكل ٤ - ١١ . طريقة الانحراف المغنطيسي للشعاع الالكتروني

لنفترض ان ملفى الانحراف يولدان داخل الانبوب مجالا منتظما تماما فى المنطقة التى يحيطان بها (اي المنطقة التى يحدها مسقط ملفى الانحراف على مستوى

الرسم ، فى الشكل ٤ - ١٢) ، ولنفترض ان المجال معدوم خارج هذه المنطقة . وفى هذه الحالة تتحرك الالكترونات داخل المجال على خط دائرى يتحدد نصف قطره حسب العلاقة (4.8) ، بينما تتحرك قبل دخولها الى المجال وبعد خروجها منه حركة مستقيمة . ويمكن تحديد زاوية انحراف مسار الالكترونات بالعلاقة :

$$\sin \varphi = \frac{l}{r} = \frac{IH}{\sqrt{2 \frac{m}{e} U_a}} \quad (4.14)$$



الشكل ٤ - ١٢ . مقدار انحراف الشعاع مغنطيسيا

علما ان معنى الرموز قد ذكر سابقا ، او بين فى الشكل ٤ - ١٢ .  
ويتحدد مقدار الانحراف على الشاشة حسب العلاقة :

$$h = L \tan \varphi = L \frac{\sin \varphi}{\sqrt{1 - \sin^2 \varphi}} \quad (4.15)$$

اما عدد الامبير - لفات ( $I\omega$ ) اللازمة لانحراف الشعاع بزاوية  $\varphi$  ،  
فهو يتحدد تقريبا بالعلاقة :

$$I\omega = \frac{\sqrt{\frac{2m}{e}}}{0,4\pi} \cdot \frac{d \sin \varphi}{l} \sqrt{U_a} \quad (4.16)$$

اى يتوقف على جهد التعجيل  $U_a$  ومتوسط قطر ملف الانحراف  $d$  ومتوسط  
طوله  $l$  .

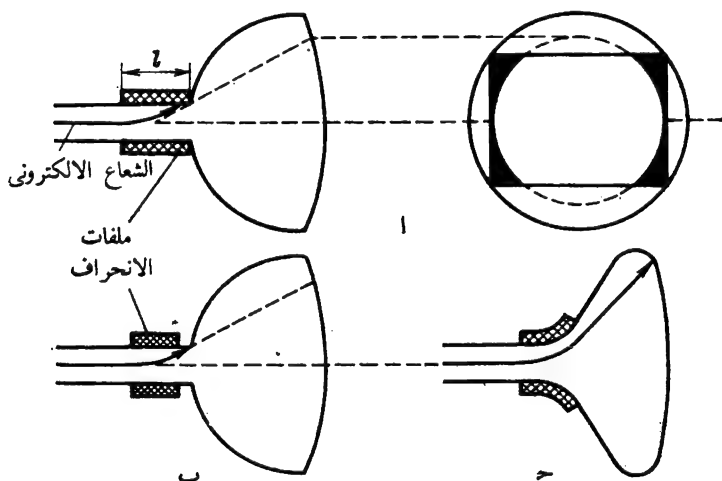
٢ - وحدة الانحراف : ينبغى ان يتم انحراف الشعاع الالكترونى (من  
اجل مسح الصورة) فى اتجاهين متعامدين : افقيا ورأسيا ، ولذلك يستخدم  
زوجان من الملفات ، محاورهما متعامدان (ملفان للانحراف الافقى وملفان  
للانحراف الرأسى) . وتسمى مجموعة هذه الملفات وحدة (منظومة) الانحراف  
او المقرن الحارفى .

وينبغي عند تصميم وحدة الانحراف تلبية عدة متطلبات متناقضة ،  
اهمها :

- ١- الحصول على الفعالية ( او الكفاية ) القصوى ، اى الحصول على زاوية الانحراف المطلوبة باقل ما يمكن من الطاقة المغنطيسية الكهربائية ؛
- ٢- الحصول على اقل تشويهات للهيكمل الخطى واقل اخلال بالتركيز مما قد ينتج بسبب ملفات الانحراف .

هذا بالإضافة الى متطلبات اخرى ذات طابع عام مثل : المتانة الكهربائية ، قلة التكلفة ، بساطة الانتاج ، صغر الوزن والحجم ، وما الى ذلك .

ومن المستحسن حسب العلاقة ( 4.14 ) ان يكون طول ملفات الانحراف ، كبيرا حتى يسهل الحصول على زاوية الانحراف  $\phi$  المطلوبة . ولكن الطول  $l$



الشكل ٤-١٣ . إظلام اطراف الشاشة نتيجة الطول الزائد لملفات الانحراف ( أ ) أو نتيجة لعدم وضعها على العنق تماما ( ب ) ، وتفادى الاظلام بالتوسيع التدريجى للملفات ( ج )

يجب الا يزيد عن الحد الذى تبدأ عنده اطراف الهيكل الخطى بالاظلام ( الشكل ٤-١٣ ، أ ) نتيجة لاصطدام الشعاع الالكتروني بزجاج عنق الانبوب ، على ان يؤخذ فى الاعتبار ان مثل ذلك الاظلام قد يحدث ايضا



إذا كانت وحدة الانحراف غير مضمومة ضما وثيقا الى مخروط الشاشة (الشكل ٤-١٣ ، ب) .

ولكى لا يحصل اظلام يجب الا يزيد طول ملفى الانحراف الافقى المقدار :

$$l_H = \frac{0,8 d}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi_H}{2} \quad (4.17A)$$

كما يجب الا يزيد طول ملفى الانحراف الرأسى عن المقدار :

$$l_V = \frac{0.6 d}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi_V}{2} \quad (4.17B)$$

حيث  $d$  هو قطر عنق الانبوب .

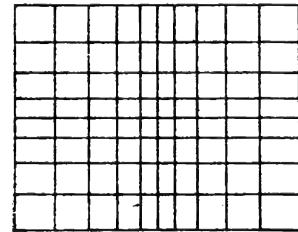
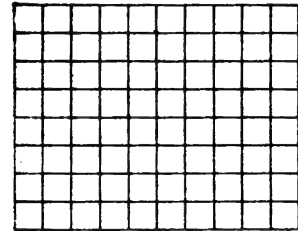
ومن البديهي ان الطاقة اللازمة للانحراف تزداد كلما ازداد الحجم الذى ينحصر فيه مجال الانحراف . ولذلك ينبغى من اجل تحسين فعالية ملفات الانحراف ان يكون قطرها اصغر ما يمكن ، ولذا تركب هذه الملفات مباشرة على عنق الانبوب . وتوضع ملفات الانحراف ضمن غطاء (حجاب) من الفريت يسمح بتكثيف مجال الانحراف ضمن عنق الانبوب . وتثنى حافتا وحدة الانحراف الى الخارج ثنيا يسمح بضمها ضما وثيقا الى عنق الانبوب ، كما يسمح بتخفيف تأثير عدم انتظام مجال الانحراف عند اطراف الملفات .

ومن المهم ان فعالية ملفات الانحراف الافقى اقصى ما يمكن لان القدرة المفاعلة اللازمة لها كبيرة جدا ، اذ ان تردد الانحراف الافقى عال نسبيا ( اكبر ٣٠٠ مرة تقريبا من تردد الانحراف الرأسى) .

وينبغى تصميم وحدة الانحراف والدوائر الملحقة بها بحيث تكون التشويشات الهندسية التى يتعرض لها الهيكل الخطى اقل ما يمكن .

ومما يؤدى الى مثل هذه التشويشات اختلاف نصف قطر انحناء الشاشة  $R$  ونصف قطر الانحراف  $r$  ( انظر الشكل ٤-١٢) . ولو كان  $R=r$  ، لكان مقدار الانحراف  $h_1$  متناسبا مع شدة مجال الانحراف  $H$  ( او تيار الانحراف المار فى الملفات ) ، بحيث يتكون على الشاشة هيكل خطى

صحيح . ولكن الشاشات المستخدمة عمليا لا تحقق الشرط  $R=r$  ، فهي قد تكون مستوية تقريبا ( $R \approx \infty$ ) كما في انابيب الصورة المخصصة للاسقاط ، او تكون ذات نصف قطر انحناء اكبر مرتين - ثلاث من نصف قطر الانحراف ( $R=2.5r$ ) كما في انابيب الصورة العادية. ويؤدى اختلاف  $R$  عن  $r$  الى ان يكون مقدار الانحراف ( $h_2$  أو  $h_3$  في الشكل ٤ - ١٢) مختلفا عن القيمة اللازمة  $h_1$  اختلافا يزداد كلما ازدادت زاوية الانحراف  $\varphi$  . وهكذا تتمدد (تمتط) اجزاء الهيكل الخطي اكثر فاكثر كلما ابتعدت عن مركز الشاشة ، فتظهر في الصورة التشويهات المسماة بالتشويهات المتماثلة (الشكل ٤ - ١٤) . ويمكن التخلص من هذه التشويهات اذا جعلنا التيار المار في ملفات الانحراف مختلفا بعض الشيء عن تيار النشار بحيث يكون شكله الموجي (تبعيته للزمن) مشابها للحرف S .



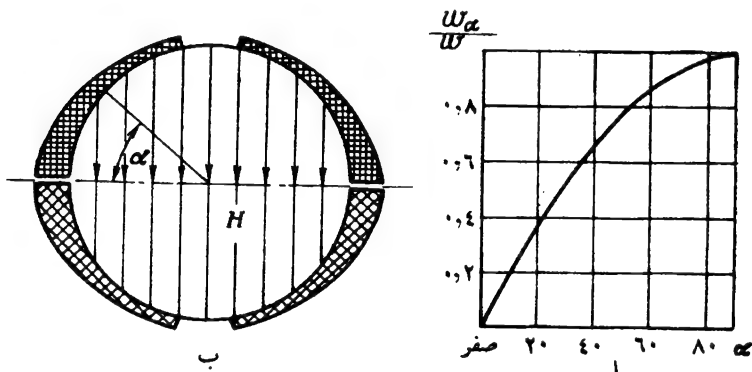
ومن اهم شروط عدم تشويه الهيكل الخطي انتظام المجال المغنطيسى الذى تولده وحدة الانحراف . وللحصول على المجال المنتظم ينبغى ان توزع كثافة اللفات على محيط عنق الانبوب حسب قانون جيبسى ، بحيث تتناقص كثافة اللفات فى كل ملف تدريجيا كلما كانت ابعد عن محور الانبوب (الشكل ٤ - ١٥) . واذا لم تكن اللفات موزعة حسب ذلك القانون تنشأ تشويهات البرميل او مخدة الدبابيس (انظر الشكل ٤ - ١٠) . ولا يمكن تصحيح هذه

الشكل ٤ - ١٤ . تشوهات الصورة فى حالة عدم تطابق مركز انحناء الشاشة ومركز الانحراف (التشوهات المتماثلة) : أ - الصورة غير مشوهة ؛ ب - الصورة مشوهة

التشويهات بالطريقة التى تستخدم لتصحيح التشويهات المتماثلة السابقة الذكر : طريقة اختيار شكل مناسب لتيار الانحراف . ولكن يمكن تقليص تشويهات البرميل ومخدة الدبابيس للدرجة كبيرة بواسطة مغنطيسات دائمة صغيرة ، تزود

بمماسك خاصة ، تركب على الجزء الامامى من وحدة الانحراف بحيث يمكن تدوير كل مغنطيس حول محوره او ازاحته على وحدة الانحراف حتى تصبح تلك التشويبات اقل ما يمكن .

٣- وحدات الانحراف لزاوية ١١٠° : يبين الحساب ان استبدال الانابيب ذات زاوية الانحراف التى كانت تستخدم سابقا بالانابيب ذات الزاوية ١١٠° ( اذا كانت هذه الانابيب مختلفة عن تلك بالزاوية فقط ) يتطلب زيادة التيار ١,٤٤ مرة ، كما يتطلب زيادة قدرة الانحراف اكثر من مرتين .

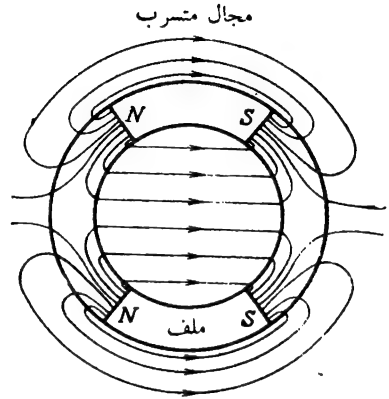


الشكل ٤ - ١٥ . توزيع لفات ملفات الانحراف حسب قانون جيبى

وهكذا تصبح مشاكل زيادة فعالية وحدة الانحراف وتخفيض قدرة الانحراف اكثر حدة عند استخدام الانابيب ذات الزاوية ١١٠° . ولقد تطلب حل هذه المشاكل استخدام قطر اصغر لعنق الانبوب ( ٢٩,٧ مم بدلا من ٣٨ مم ) ، كما تطلب توسيع عنق الانبوب تدريجيا فى مكان اتصاله بالجزء المخروطى .

ورغم ان استخدام قطر اصغر لعنق الانبوب يتطلب استخدام طول اقصر لملفات الانحراف حتى لا يحصل اظلام فى اطراف الهيكل الخطى ، يمكن ان يكون طول الملفات اكبر مما كان مسموح به بالنسبة للقطر الاصغر بفضل الانتقال التدريجى من العنق الى المخروط الذى يسمح بتوسيع الملفات تدريجيا بحيث يمكن تقريبها اكثر نحو الجزء المخروطى ( انظر الشكل ٤ - ١٣ ج ) .

وتتصف الانابيب ذات الزاوية  $110^\circ$  ايضا بان التشويها الهندسية للهيكل الخطي على شاشاتها اكبر بكثير مما هي في الانابيب ذات الزاوية  $70^\circ$  ، مما يجعل تصحيح تلك التشويها ضروريا . حتما في حالة الانابيب ذات الزاوية  $110^\circ$  .



وتتميز وحدات الانحراف التي تصمم في الاونة الاخيرة للزوايا الكبيرة بانها تستخدم ملفات انحراف رأسى حلقيه الشكل . وكما يبين الشكل ٤-١٦ ، يلف ملفا الانحراف الرأسى على قلب حلقي (وهو قلب من الفريت يركب فوق ملفي الانحراف الافقى) ، ويوصلان بحيث يولدان تدفقين مغنطيسيين متعاكسين داخل القلب ومتفقى الاتجاه

الشكل ٤-١٦ . تركيب ملفات الانحراف حلقيه الشكل ، وخطوط مجالها

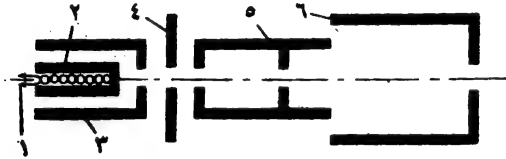
داخل الانبوب . وتؤمن طريقة اللف هذه فعالية جيدة واقتصادية جيدة ، ولكنها تسبب تدفقا تسربيا كبيرا يجعلها غير مجدية للانحراف الافقى .

## الفصل الخامس

### أنايب الصورة

البند ٥-١ الحصول على الأشعة الالكترونية والتحكم فيها

١- مدفع الالكترونات : يتم توليد الشعاع الالكتروني بواسطة مدفع الالكترونات الذي يتكون من كاثود يسخن تسخيناً غير مباشر ومجموعة الكترودات اخرى ذات تماثل محوري . ويشمل المدفع بالاضافة الى الكاثود الكترودين آخرين على الاقل : الكترود التحكم والانود . ويتألف المدفع الخماسي الالكترونات مثلاً ( الشكل ٥-١ ) من كاثود واربعة الكترودات



الشكل ٥-١ . تصميم مدفع الكترودات (خماسي الالكترونات) : ١ - فتيلة التسخين ؛ ٢ - الكاثود ؛ ٣ - الكترود التحكم ؛ ٤ - الكترود المعجل ؛ ٥ - الكترود التركيز ؛ ٦ - الانود

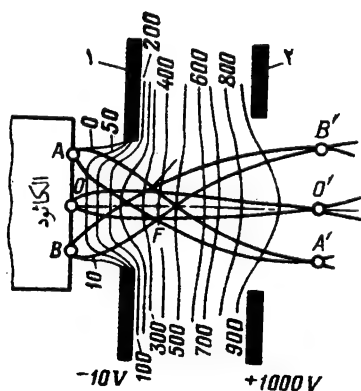
اخرى : الاول منها بعد الكاثود هو الكترود التحكم ، والثاني هو الكترود المعجل (الحاجب) ، والثالث هو الكترود التركيز الالكترونيستاتي ، والرابع هو الانود .

والكاثود المستخدم عادة هو عبارة عن اسطوانة معدنية ( من النيكل او التنجستين ) ، تطلّى قاعدتها بطبقة اكسيدية قادرة على ابتعاث الالكترونات ، وتوضع داخل اسطوانة الكاثود فتيلة التسخين التي تكون عادة معزولة عنه . ويعتبر جهد الكاثود - في الغالب - مساوياً للصفر ، بحيث تقاس جهود الالكترونات الاخرى بالنسبة اليه . وتساوى درجة حرارة الكاثود عادة حوالى

١٠٠٠° (كلفن) ، بينما تساوى طاقة خروج الالكترون منه حوالى ١,٥ إلكترون - فولط . وتؤثر درجة حرارة الكاثود تأثيرا كبيرا على امد استخدامه . اما الكترود التحكم ، فهو غالبا ما يكون عبارة عن اسطوانة معدنية تحيط بالكاثود وتحتوى على فتحة ( ثقب ) فى مركز قاعدتها . ويسلط على هذا الالكترود جهد سالب بالنسبة الى الكاثود يساوى عادة عشرات الفولطات . ويمكن بتغيير هذا الجهد التحكم فى سيل الالكترونات . والالكترود المعجل ( الحاجب ) هو فى الغالب عبارة عن قرص معدنى ذى ثقب تمر من خلاله الالكترونات ، او اسطوانة معدنية ذات حواجز . ويسلط على هذا الالكترود جهد موجب غير كبير نسبيا ( عدة مئات من الفولطات ) .

والالكترود الثالث ، هو عادة الكترود التركيز الالكتروستاتى ، اذ يمكن بتغيير جهده ضبط البعد البؤرى لعدسة التركيز الالكتروستاتى ، المستخدمة فى اغلب انابيب الصورة . وهذا الالكترود هو فى الغالب عبارة عن اسطوانة معدنية ذات حواجز ، ويسلط عليه جهد موجب يمكن تغييره عادة . اما الانود ( الالكترود الاخير ) ، فهو غالبا ما يكون على شكل طبقة موصلة تغطى جدران الانبوب . ويسلط على الانود الجهد الذى يحدد السرعة النهائية للالكترونات قبيل اصطدامها بالشاشة . ويبلغ هذا الجهد احيانا الاف او عشرات الاف الفولطات .

ويمكن عادة ان نعتبر مدفع الالكترونات مؤلفا من مجموعتين ( منظومتين ) من الالكترودات : مجموعة الابعثات التى تولد حزمة من الالكترونات ، ضيقة نسبيا ، ومجموعة التركيز التى تركز هذه الحزمة فى بؤرة على سطح الشاشة او لوح الهدف .



الشكل ٥ - ٢ . اوضاع الالكترودات ونمط المجال ومسار الالكترونات فى مجموعة الابعثات : ١ - الكترود التحكم ؛ ٢ - الانود

ومع ان عمل كل من المجموعتين مستقل عن عمل الاخرى ، لا بد من التوفيق بين خواصهما والقيم المميزة لهما .

٢- عمل مجموعة الابتعاث : سنستعرض اولا عمل مجموعة الابتعاث

الثلاثية الالكترودات التى تتألف من كاثود والكترود تحكم وانود . ويبين الشكل ٥-٢ اوضاع الالكترونودات وطابع المجال الكهربائى فيها .

وكما يبين هذا الشكل، تكون السطوح المتساوية الجهد بقرب الكاثود ذى السطح المستوى مستوية ايضا وموازية له . ولما كان المجال الكهربائى فى اى نقطة عموديا على السطح المتساوى الجهد المار من هذه النقطة ، فان خطوط المجال عند الكاثود تكون عمودية عليه تقريبا . ويترتب على هذا ان تسارع الالكترونات التى تنبعث من نقطة ما من الكاثود مثل النقطة A بسرعات مختلفة القيمة والاتجاه ، بحيث تتحول بتأثير المجال الكهربائى الى حزمة الكترونات متوازية تقريبا . ثم تنحرف هذه الحزمة نتيجة لانحناء السطوح المتساوية الجهد فيما بعد متجهة نحو المحور لتتقاطع معه ضمن منطقة ضيقة تحيط بالنقطة F . وهذا هو ما يحصل ايضا للالكترونات التى تنبعث من نقاط اخرى من الكاثود مثل النقطة B .

وهكذا تتقاطع الالكترونات المنبعثة من سطح الكاثود ، الكبير نسبيا ، ضمن منطقة ضيقة نسبيا تسمى نقطة التقاطع ، وهى تبعد عدة ميليمترات عن الكاثود .

كما وان مجموعة الابتعاث هى عبارة عن عدسة الكترونية من نوع خاص ، وهى تشكل « صورة » للكاثود تقع بعد منطقة التقاطع بكثير ( انظر مثلا A' ، B' فى صورتى النقطتين A ، B ) .

وطالما ان حزمة الالكترونات بعد نقطة التقاطع تكون متباعدة ، لذلك تستخدم فى انابيب التصوير التلفزيونى حواجز ذات فتحات ضيقة جدا تمرر من خلالها حزمة الالكترونات لتقليص مقطعها ، بحيث تكون حزمة الكترونات ضيقة ومتوازية تقريبا يمكن تركيزها جيدا حتى فى الانابيب التى يجرى المسح فيها بالكترونات « بطيئة » . ولا يمكن استخدام مثل تلك الحواجز فى انابيب الصورة ، لأن هذه الانابيب تتطلب شعاعا الكترونيا ذا قدرة

كبيرة (تبلغ شدته مئات الميكروامبيرات ، بينما يبلغ تيار شعاع انابيب التصوير اجزاء من الميكروامبير) . ويتم التركيز فى انابيب الصورة بواسطة عدسة الكترونية تشكل على شاشة الانبوب صورة لنقطة التقاطع .

ويؤدى التماثل المحورى لمدفع الالكترونات الى ان يكون المجال المعجل قرب الكاثود محصورا عند الجزء الاوسط من الكاثود ، ولذا تكون شدة ابتعاث الالكترونات عظمى عند ذلك الجزء . وعندما يتغير جهد الكترود التحكم ، يتغير مقاس ذلك الجزء من سطح الكاثود الذى يكون المجال عنده معجلا ، اى يتغير مقاس الجزء الذى يستطيع ان يشع الالكترونات . فاذا كان الجهد السالب المسلط على الكترود التحكم غير كبير ( بالقيمة المطلقة ) ، فان سطح الكاثود القادر على الابتعاث يعمل بكامله ، بحيث يبتعث تيارا كبيرا . واذا زاد الجهد السالب ، فان ذلك الجزء الذى يشع الالكترونات يصبح اصغر مساحة ، فيقل تيار الابتعاث . وهكذا يمكن التحكم فى شدة حزمة الالكترونات .

ولكن تغير جهد الكترود التحكم يؤدى الى تغير مكان نقطة التقاطع ، بحيث تصبح ابعد عن الكاثود كلما اقترب هذا الجهد ( السالب ) من الصفر ، وتزداد قربا من الكاثود كلما زاد الجهد ( بالقيمة المطلقة ) ، كما يؤدى الى تغير سطح مقطع حزمة الالكترونات فى نقطة التقاطع ، اذ يتوقف سطح المقطع على مساحة الجزء الفعال من الكاثود . ويترتب على تغير مكان نقطة التقاطع وتغير مساحة مقطع حزمة الالكترونات فيها ان تتغير دقة تركيز حزمة الالكترونات على الشاشة . وهكذا يؤثر الجهد المسلط على الكترود التحكم تأثيرا كبيرا على بيان الصورة .

هذا وان مجموعة الابتعاث الثلاثية الالكترودات هى ابسط مجموعات الابتعاث ، وهى تتصف بعدة عيوب ، اهمها :

أ — صعوبة تغيير القيم المميزة للمجموعة ، وخاصة القيم البصرية الالكترونية ( اى القيم المتعلقة بتركيز الالكترونات ) ، اذ ان الجهد المسلط على الانود يختار بحيث نحصل على النصوص اللازم للشاشة ، بينما يتحدد جهد الكترود التحكم بالاشارة المسطرة عليه .

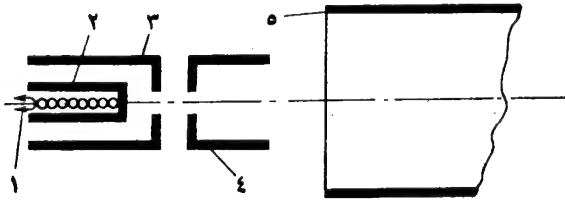


ب- تبعية تيار الشعاع لجهد الأنود ، وهى مضرة جدا طالما ان من الصعب تثبيت ( تنظيم ) هذا الجهد الذى يبلغ ١٢ - ١٦ كيلوفولط . ويؤدى تغير تيار الشعاع تبعا لجهد الأنود الى تغيير غير مرغوب فيه لنصوع الشاشة الذى يتغير ايضا تغيرا اضافيا بسبب تبعية طاقة الالكترونات لذلك الجهد .

ج- اختلال تركيز حزمة الالكترونات عند تغير جهد الكترود التحكم نتيجة لتغير مكان نقطة التقاطع وسطح مقطع الحزمة فيها وزاوية تفرق الالكترونات المنبعثة منها .

ويتم التخلص من هذه العيوب لدرجة كبيرة باستخدام مجموعة ابتعاث رباعية الالكترودات ( الشكل ٥-٣ ) ، تمتاز بوجود الالكترود المعجل الحاجب .

٣- مجموعة التركيز : ينبغى ان تشكل هذه المنظومة على الشاشة صورة لـ « شئ » يمثلها اصغر مقطع لحزمة الالكترونات تنتجه مجموعة الابتعاث .



الشكل ٥-٣. مجموعة الابتعاث رباعية الالكترودات : ١ - فتيلة التسخين ؛ ٢ - الكاثود ؛ ٣ - الكترود التحكم ؛ ٤ - الالكترود المعجل ؛ ٥ - الأنود

ويمثل هذا « الشئ » فى انابيب الصورة مقطع الحزمة فى نقطة التقاطع ، بينما يمثلها فى انابيب التصوير مقطع الحزمة فى فتحة الحاجز المستخدم فى مدفع الالكترونات . وتسمى صورة ذلك « الشئ » ، المتكونة على الشاشة ( اى مقطع حزمة الالكترونات عند الشاشة ) النقطة الالكترونية او الفتحة .

ولما كانت كثافة تيار الشعاع تتناقص تدريجيا من مركز النقطة او الفتحة الى اطرافها ، فمن المهم تحديد المقاس الفعال لها ( طالما انه لا يساوى الصفر بخلاف مقاس النقطة الرياضية ) . وينبغى ان يكون مقاس النقطة الالكترونية او الفتحة مساويا تقريبا لمقاس عنصر الصورة او اصغر

منه . ويتحدد مقاس عنصر الصورة ( او عرض خط المسح ) بحاصل قسمة ارتفاع الهيكل الخطي ( ارتفاع الشاشة ) على عدد خطوط المسح . ويتم تركيز حزمة الالكترونات بواسطة عدسة الكتروستاتية او مغنطيسية ، ويمكن ضبط التركيز بتغيير جهد احد الكترودات العدسة الالكتروستاتية ( الكترود التركيز ) ، او بتغيير تيار ملف التركيز المغنطيسي ، او بتغيير وضع مغنطيس دائم ، حسب نوع عدسة التركيز المستخدمة . ولكي يكون التركيز جيدا ، ينبغي ان يتم بدقة تطابق محور مجال التركيز مع محور حزمة الالكترونات ، والا ستنتج على الشاشة نقطة الكترونية ذات ابعاد كبيرة وشكل غير صحيح . وتحدد دقة تطابق المحورين في حالة التركيز الالكتروستاتي بدقة صنع مدفع الالكترونات ، بينما تتحدد في حالة التركيز المغنطيسي الكهربيائي بدقة تصميم ملف التركيز ودقة تركيبه على عتق الانبوب .

وتتصف كل من طريقتي التركيز الالكتروستاتية والمغنطيسية بعدة مزايا وعيوب .

وتمتاز طريقة التركيز المغنطيسي بانها تتطلب مدفع الكترونات ابسط تصميمًا وتلزم لصنعه دقة اقل ، فيكون الانبوب اقل تكلفة ، رغم ان الانبوب ومنظومة التركيز المغنطيسي معا هما اكثر تكلفة ووزنا وحجما . وتتطلب طريقة التركيز المغنطيسي الكهربيائي قدرة اكبر من القدرة اللازمة للتركيز الالكتروستاتي .

وتمتاز طريقة التركيز الالكتروستاتي بانها تؤمن استقرارا افضل للتركيز ، اذ ان جهود الكترودات التركيز الالكتروستاتي تبقى بعد ضبطها ثابتة القيمة لمدة طويلة ، بينما تنخفض تدريجيا شدة تيار ومجال التركيز المغنطيسي ، نتيجة لزيادة مقاومة ملفات التركيز بسبب تسخينها التدريجي بالتيار المار فيها . ولكي لا يختل التركيز المغنطيسي يجب ضبط تيار التركيز المغنطيسي من حين الى آخر ، او ينبغي تنظيم التيار اوتوماتيا .

وتسبب طريقة التركيز الالكتروستاتي مقادير كبيرة من الزيف ( خاصة الزيف الكروي ) ، فيما اذا كان تيار الشعاع كبيرا جدا ، كما في انابيب

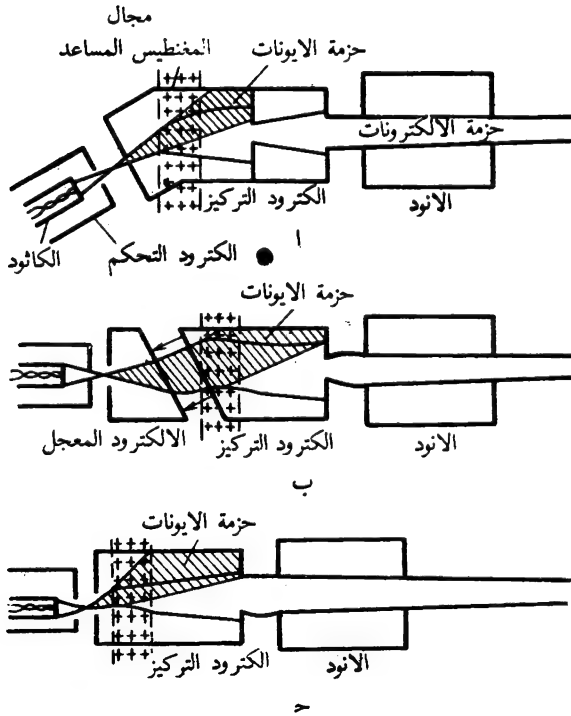
الصورة المخصصة للاسقاط . ولذلك تستخدم فى هذه الانابيب طريقة التركيز المغنطيسى ، بينما تستخدم احدث طرازات انابيب الصورة المخصصة للرؤية المباشرة ( الانابيب العادية ذات الشاشات المستطيلة ) طريقة التركيز الالكتروستاتى . ويستخدم التركيز الالكتروستاتى ايضا فى بعض انابيب التصوير ، حيث يكون تيار الشعاع وقطره صغيرين لدرجة ان الزيغ ( الكروى ) ضئيل جدا فى هذه الانابيب . ولكن طريقة التركيز الالكتروستاتى ، والتركيز المغنطيسى بملف قصير يسببان مقادير كبيرة من الزيغ اللونى اذا كانت الكترونات الشعاع الماسح بطيئة نسبيا ، كما فى بعض انابيب التصوير . ولذلك يتم التركيز فى الانابيب التى تستخدم للمسح الكترونات بطيئة بواسطة ملف تركيز طويل .

٤- ابتعاث الايونات : يؤدى اصطدام الكترونات الشعاع الماسح بجزيئات الغازات المتبقية فى الانبوب الى تأين هذه الجزيئات . وتتسارع الايونات الموجبة الناتجة عن ذلك بتأثير المجال الكهربائى الذى يوجهها نحو الكاثود ، فتصطدم بالكاثود وخاصة بجزئه الاوسط ، مما يسبب الى الطبقة القادرة على الابتعاث فيقصر عمر الكاثود . ولذلك ينبغى ان يكون الانبوب مفرغا تفريغا جيدا ، بحيث يكون تأثير الايونات الموجبة ضئيلا لدرجة كافية . اما الايونات السالبة فهى تنتج عن اصطدام الكترونات الشعاع بجزيئات الغاز ، كما تنتج عن اصطدامها بسطوح الحواجز غير النقية ، وتنتج ايضا عن اصطدام الايونات الموجبة بالكاثود . ويؤثر المجال الكهربائى على الايونات السالبة تأثيرا مماثلا لتأثيره على الالكترونات ، فتتسارع الايونات السالبة وتنتج مع الالكترونات نحو الشاشة .

واذا كان تركيز وانحراف حزمة الالكترونات يتم بواسطة المجال الكهربائى ، فان الايونات السالبة تتركز وتنحرف مثل الالكترونات ويكون تأثيرها مكافئا لزيادة حزمة الالكترونات . اما اذا كان تركيز الشعاع وانحرافه يتم بواسطة مجال مغنطيسى ، فان الايونات السالبة لا تتركز ولا تنحرف عمليا ، طالما ان المجال المغنطيسى يؤثر على اى جسيمة مشحونة بقوة متناسبة عكسيا مع الجذر التربيعى لكتلة الجسيمة ، اى يؤثر على اخف ايون ( البروتون او

ايون الهيدروجين) تأثيرا اضعف بنسبة  $\sqrt{1840}$  ، او حوالى ٤٣ مرة من تأثيره على الالكترتون . وهكذا تصطدم الايونات السالبة بالشاشة فى حالة التركيز والانحراف المغنطيسى بدون ان تكون مركزة وبدون ان تنحرف . ولما كانت النسبة الاكبر من الايونات تصطدم بالشاشة فى جزئها الاوسط ، فان اصطدامها المستمر بها بدون انحراف يـبـب تلف (احتراق) الجزء الاوسط من الشاشة ، فيقل ضياؤه ويبدو للمشاهد على شكل بقعة قليلة السطوع تسمى البقعة الايونية . واذا استخدم الانحراف المغنطيسى والتركيز الالكتروستاتى ، فان الايونات تتركز فى بقعة اضيق بكثير .

وتتم حماية الشاشة من الاحتراق الايونى بتغطيتها من الداخل بغشاء من الالومنيوم «شفاف» بالنسبة الى الالكترونات الكبيرة السرعة ، وغير «شفاف» بالنسبة الى الايونات الثقيلة .



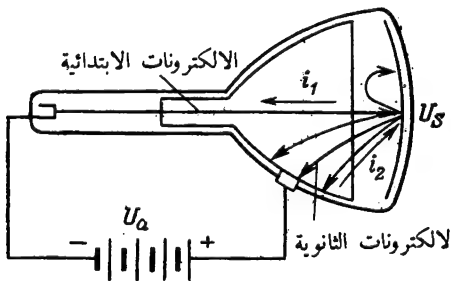
الشكل ٥ - ٤. مدفع الكترونات ذو مصيدة ايونات : أ - بالكترود تركيز معقوف ؛  
ب - بالكترود مقصوص قصا مائلا

ويمكن ان تستبعد جذريا امكانية ظهور البقعة الايونية باستخدام مدفع الكترونات ذى مصيدة ايونات . وتوجد انواع عديدة لمصائد الايونات ، ولكنها كلها مبنية على ان المجال المغنطيسى يحرف حزمة الالكترونات اكثر بكثير من الايونات . ويبين الشكل ٥ - ٤ تصميمين لمصيدة الايونات . ويحتاج مغنطيس مصيدة الايونات الى ضبط دقيق ، اذ ان مجاله يتفاعل مع مجال الانحراف ، مما يزيد صيانة مدفع الالكترونات تعقيدا .

## البند ٥ - ٢ جهد السطح المقذوف بحزمة الكترونات

ان عمل انابيب اشعة الكاثود يعتمد الى حد بعيد على جهد السطح المقذوف بالكترونات الشعاع الماسح . ويتحدد هذا الجهد فى بعض انواع الانابيب ( كما فى الفيدىكون وانبوب الصورة ذى الشاشة المؤلمنة ) بالجهد المسلط على طبقة معدنية رقيقة تغطى السطح المقذوف . ولكنه يتحدد فى الانابيب التى يكون فيها السطح المقذوف معزولا ( كما فى اغلب الانابيب ) بعملية الابتعاث الثانوى .

ويبين الشكل ٥ - ٥ سريان تيارات الالكترونات القاذفة والالكترونات

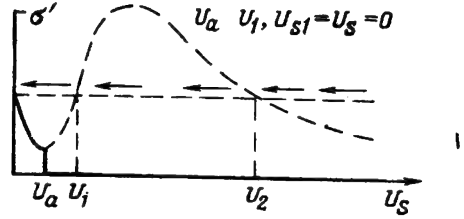


الثانوية فى انبوب صورة ( ذى شاشة غير مؤلمنة ) . والسطح المقذوف فى هذه الحالة هو سطح الشاشة المطلية بمادة متفسفرة عازلة ، وينظره فى انابيب التصوير لوح الهدف . ويقوم بجمع الالكترونات الثانوية التى يبتعثها السطح المقذوف الانود ( المجمع ) ذو الجهد الموجب .

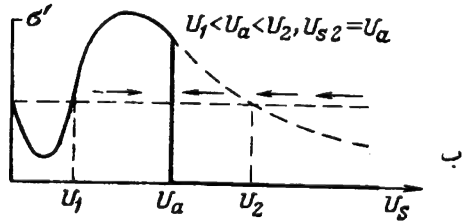
الشكل ٥ - ٥ . رسم يوضح سريان تيارات الالكترونات فى انبوب الصورة

واذا كان جهد الانود  $U_a$  اعلى من جهد السطح  $U_s$  ، فان الانود يجتذب كل الالكترونات الثانوية . اما اذا كان  $U_s$  اعلى من  $U_a$  ، او قريبا منه ، فان

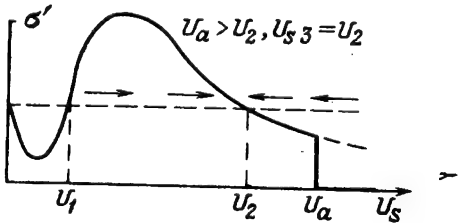
الانود لن يستطيع اجتذاب الالكترونات الثانوية ، فتعود كلها او جزء منها الى السطح المقذوف . ويرمز الرمز  $i_1$  فى الشكل ٥-٥ للتيار المتكون من الالكترونات الواردة الى السطح المقذوف ، اى الالكترونات الشعاع الماسح والالكترونات الثانوية التى تعود الى السطح المقذوف (ويعتبر اتجاه التيار ، كما متعارف عليه ، معاكسا لاتجاه حركة الالكترونات) . ويرمز الرمز  $i_2$  لتيار الانود ، اى التيار المتكون من الالكترونات الثانوية التى تستطيع الوصول الى الانود . وتسمى النسبة  $\sigma' = \frac{i_2}{i_1}$  معامل الابتعاث الثانوى الظاهرى . وهى تساوى معامل الابتعاث الثانوى  $\sigma$  (نسبة عدد الالكترونات الثانوية كلها الى عدد الالكترونات القاذفة) فى الحالة التى يكون فيها الانود قادرا على اجتذاب الالكترونات الثانوية كلها ، اى  $\sigma' = \sigma$  عندما  $U_s < U_a$  . وفى هذه الحالة تتغير قيمة  $\sigma'$  بتغير قيمة



جهد السطح  $U_s$  ، حسب المنحنى الذى يبين علاقة  $\sigma$  بالجهد المعجل للالكترونات القاذفة (وهذا الجهد هو هنا جهد السطح  $U_s$  الذى يحدد سرعة الالكترونات عند السطح المقذوف) . ولقد سبق ان بينا شكل منحنى العلاقة بين  $\sigma$  والجهد المعجل فى الشكل



٣-٦ ، وهو مبين ايضا فى الشكل ٥-٦ (المنحنيات المنقطعة) . ويلاحظ من هذا الشكل ان تبعية  $\sigma'$  للجهد  $U_s$  (المنحنيات المتصلة الغامقة)



مطابقة لتبعية  $\sigma$  له فى الجزء الذى يوافق  $U_s < U_a$  .

الشكل ٥-٦ . منحنيات العلاقة بين معامل الابتعاث الثانوى الظاهرى وجهد السطح المقذوف ، عند قيم مختلفة لجهد الانود

اما اذا كان جهد السطح اعلى من جهد الانود ( $U_s > U_a$ ) ، فان المجال المبطن الذى ينشأ فى هذه الحالة يمنع الالكترونات الثانوية من الوصول الى الانود ، ويضطرها للعودة الى السطح المقذوف . وهكذا يكون تيار الانود فى هذه الحالة مساويا للصفر ( نتيجة لعدم وصول الالكترونات الى الانود ) ، اى ان معامل الابتعاث الثانوى الظاهرى يساوى فى هذه الحالة الصفر ايضا ( $\sigma' = 0$ ) .

وكما ان قيمة  $\sigma'$  تتوقف على قيمة جهد السطح المقذوف  $U_s$  ، كذلك يعتمد الجهد  $U_s$  على قيمة  $\sigma'$  . فاذا كان  $\sigma' < 1$  ، اى اذا كانت الالكترونات التى يبتعثها السطح المقذوف اقل من الالكترونات الواردة اليه ، فان السطح يكتسب شحنة سالبة ويتناقص جهده . واذا كان  $\sigma' > 1$  ، فان السطح يكتسب شحنة موجبة ويزداد جهده . ويتوقف تغير الجهد  $U_s$  فى الحالة  $\sigma' = 1$  فقط . عندما يتوازن عدد الالكترونات التى يبتعثها السطح وعدد الالكترونات الواردة اليه . وتسمى قيمة الجهد فى هذه الحالة جهد التوازن . ويصل جهد السطح الى هذه القيمة بعد ان يتغير تغيرا تحدده القيمة الابتدائية لجهد السطح وقيمة جهد الانود والعلاقة المتبادلة بين  $U_s$  و  $\sigma'$  . وتبين الاسهم فى الشكل ٥ - ٦ اتجاه تغير جهد السطح حتى يصل الى جهد التوازن ، فى ثلاث حالات اساسية :

أ) عندما يكون جهد الانود  $U_a$  اقل من  $U_1$  يستقر جهد السطح فى هذه الحالة عند القيمة  $U_{s1} = 0$  ( وذلك لأن قيمة  $\sigma'$  فى هذه الحالة تكون اكبر من الصفر عندما  $U_s < U_a < U_1$  ، اى تكون اصغر من الواحد اذا كان  $U_s > 0$  ، مما يؤدي الى انخفاض جهد السطح الى الصفر حتى  $\sigma' = 1$  ) .  
 ب) عندما يكون جهد الانود بين  $U_1$  ،  $U_2$  ( $U_1 < U_a < U_2$ ) ، يستقر جهد السطح عند القيمة  $U_{s2} = U_a$  ( وعند هذه القيمة  $\sigma' = 1$  رغم ان  $\sigma > 1$  ) .

ج) عندما يكون جهد الانود اكبر من  $U_2$  ، يثبت جهد السطح المقذوف عند القيمة  $U_{s3} = U_2$  .

ومن الممكن نظريا ان يكون جهد التوازن مساويا ايضا  $U_1$  ، الا ان هذه

الحالة غير مستقرة ، اذ ان اى انحراف ضئيل لقيمة جهد السطح  $U_s$  عن  $U_1$  يؤدي الى المزيد من تغير  $U_s$  ، حتى يصبح الجهد  $U_s$  مساويا جهد التوازن المستقر ، المناظر لقيمة جهد الانود حسب الحالات الثلاث المذكورة . هذا وان تأثير السرعات الابتدائية للالكترونات التى يبتعثها الكاثود يجعل جهد التوازن  $U_{s1}$  اصغر من الصفر ( اى اصغر من جهد الكاثود ) ، كما ان تأثير السرعات الابتدائية للالكترونات الثانوية يجعل  $U_{s2}$  اكبر من جهد الانود . ويختلف  $U_{s1}$  عن الصفر ، كما يختلف  $U_{s2}$  عن  $U_a$  بعدة فولطات .

وتستخدم الحالة الاولى ( $U_a < U_1$ ) فى انابيب التصوير التى يتم فيها المسح بحزمة الكترونات بطيئة ( كما فى الاورثيكون واورثيكون الصورة وبعض انواع الفيدىكون ) . وتستخدم الحالة الثانية ( $U_1 < U_a < U_2$ ) فى انابيب الصورة ذات الشاشة غير المؤلمة وفى بعض انواع انابيب التصوير ( الايكونوسكوب وايكونوسكوب الصورة ) . اما الحالة الثالثة ( $U_a > U_2$ ) فيفضل عدم استخدامها ، لان جهد السطح المقذوف لا يمكن ان يزيد عن  $U_2$  مهما ازداد جهد الانود . وطالما ان جهد السطح المقذوف هو الذى يحدد

الجدول ٥ - ١

المادة المتفسفة	من مركبات السيليكات	سيليكات الزنك ونيترو	كبريتيد الزنك	كبريتيد سيلينيد الزنك	كبريتيد الكاديوم وسيلينيد الزنك والكاديوم	والكاديوم كبريتيد الزنك	تجسيثيات الكلسيوم	زئبق (متفسفة)
الجهد الاقصى (بالكيلوفولطات)	١٠-٦,٥	١٢-٨	٢٥-١٦	٣٥	١٢-٧	٥-٤,٥	٥	

سرعة الالكترونات القاذفة ، لذلك تتحدد السرعة القصوى للالكترونات بقيمة الجهد  $U_2$  . وهذا يعنى ان الحصول على السرعة اللازمة لتأمين نصوص كاف للشاشة يتطلب استخدام مواد متفسفة تمتاز بقيمة عالية للجهد الاقصى



$U_2$  ، او يتطلب المنة الشاشة ( طالما ان الالمنة تسمح بجعل الجهد المعجل للالكترونات القاذفة مساويا للقيمة التي نريدها ، مهما كان نوع المادة المتفسفة ) .

وبين الجدول ٥ - ١ قيم الجهد الاقصى  $U_2$  لبعض المواد المتفسفة .

### البند ٥ - ٣ الضيائية الكاثودية

الضيائية هي خاصية تحويل شكل من اشكال الطاقة ( الطاقة الاشعاعية ، البيولوجية ، الكيميائية او طاقة الالكترونات القاذفة ) الى طاقة ضوئية .  
وتفسر الضيائية بان بعض الكترونات المواد التي تمتلك هذه الخاصية تمتص كمات الطاقة ( الاجزاء الصغيرة التي تتألف منها الطاقة ) ، فيرتفع كل الكترون من المستوى الذي كان يشغله في الذرة الى مستوى اعلى ، ثم يشع جزءا من طاقته على شكل فوتون ( كم من كمات الضوء ) ، ليهبط الى مستواه السابق ، او الى مكان شاغر اخر من مستويات الذرة ( مستويات الطاقة ) ، الى ان يأتي كم اخر من كمات الطاقة يجعله يرتفع من جديد الى مستوى اعلى ، ليعود فيشع فوتونا اخر من فوتونات الضوء ، وهكذا تستمر عملية الضياء .  
ويتحدد لون الضياء او تردد الاشعاع الضوئي بالفرق  $\Delta E$  بين مستويي الطاقة اللذين ينتقل بينهما الالكترون ، حسب العلاقة  $f = \frac{\Delta E}{h}$  ، حيث  $f$  هو تردد الاشعاع ،  $h$  هو ثابت بلانك .

والضيائية نوعان : فلورية وهي تتميز بان الضياء يزول بزوال المؤثر ( بعد حوالي  $10^{-8}$  من الثانية او اقل ) ، وفوسفورية ، وهي تتميز بان الضياء يستمر فترة طويلة نسبيا بعد زوال المؤثر .

وتسمى الضيائية في الحالة التي ينتج فيها الضياء عن القذف بحزمة الكترونات سريعة بالضيائية الكاثودية ، وهي تستخدم على نطاق واسع في انابيب الصورة التلفزيونية .

وتستخدم اغلب الشاشات التلفزيونية الضيائية الفوسفورية ، اي ان ضياء كل نقطة من نقاط الشاشة يستمر فترة معينة بعد ابتعاد حزمة الالكترونات

عنها . وتسمى المواد التى تمتلك خاصية الضيائية الفوسفورية المواد المتفسفرة . وتسمى خاصية استمرار الضياء بعد ايقاف القذف بالإلكترونات مداومة المادة المتفسفرة .

وتصنع الشاشات التلفزيونية من اكثر المواد المتفسفرة فعالية فى تحويل طاقة الإلكترونات القاذفة الى طاقة ضوئية مثل سليكات ، كبريتيد ، وفوسفات بعض المعادن كالزنك ، الكادميوم الكالسيوم ، المغنسيوم ، والبرليوم . ويتم تحسين ضيائية ( فعالية ) هذه المواد باضافة شوائب خاصة اليها بنسبة تبلغ اجزاء من واحد فى المائة . وتسمى هذه الشوائب المنشطات . وتستخدم منها عادة المعادن ذات التكافؤ المتعدد القيم مثل النحاس ، الفضة ، المنجنيز ، التيتانيوم ، الكروم ، السريوم ، والبرموت .

ويؤثر نوع المنشط وكميته تأثيرا كبيرا على لون الضياء ومدة المداومة . فمثلا يضيئ كبريتيد الزنك بلون ازرق فاتح شاحب فيما اذا كان نقيا ، ولكنه يضيئ بلون ازرق اذا نشط بقليل من الفضة او بلون احمر اذا زيدت كمية الفضة ، ويضيئ بلون اخضر مزرق اذا نشط بالنحاس ، وبلون احمر اذا نشط بالمنجنيز .

ويفسر تأثير المنشطات على خواص المواد المتفسفرة بانها عندما تضاف الى هذه المواد تسبب ظهور مستويات طاقة جديدة تسهل عملية امتصاص واشعاع الطاقة من قبل الإلكترونات ، فتحسن فعالية الضياء وتظهر موجات ضوئية اضافية تعتمد تردداتها ( وهى تحدد لون الضياء ) على مستويات الطاقة التى ظهرت بعد اضافة المنشطات .

ومهما كانت فعالية المواد المتفسفرة عالية ، تبقى هذه المواد عاجزة عن تحويل الطاقة الحركية للإلكترونات كلها الى طاقة ضوئية ، اذ ان جزءا من تلك الطاقة يتحول الى طاقة حركية للإلكترونات الثانوية ، كما ان جزءا اخر يتحول الى طاقة حرارية .

ويمكن ان تكون كمية الحرارة الناتجة عن قذف المادة المتفسفرة بالإلكترونات كافية لحدوث احتراق فى مكان القذف . ويحدث ذلك فى انبوب الصورة اذا توقف الشعاع الماسح فى نقطة واحدة على الشاشة ، او

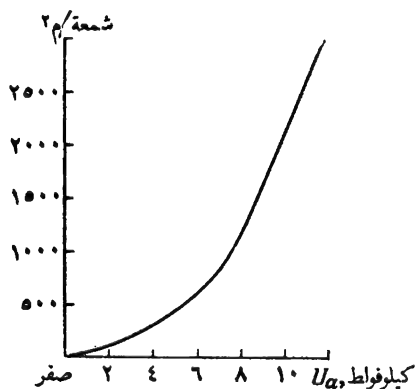
إذا تقلصت المساحة التي يقوم بمسحها تقلصا شديدا ( إذا كان يسمح خطأ واحدا فقط مثلا ) نتيجة خلل في عملية انحراف الشعاع . وفي هذه الحالة تحدث تغيرات ، لا يمكن ازالتها ، في مكان قذف الشاشة ، مما يؤدي الى انخفاض شدة الضياء في هذا المكان .

## البند ٥ - ٤ بارامترات الشاشات وخواصها المميزة

ان ضياء الشاشات يتصف بعدة بارامترات ( كميات تتغير قيمها من شاشة الى اخرى ) ومنحنيات مميزة ، تحدد نصوع الشاشة وطيف الاشعاع وخاصة المداومة .

١- نصوع الشاشة : ينبغي ان تصنع الشاشة من مادة متفسفرة قادرة على اعطاء نصوع كبير .

وتحل مسألة اختيار المادة المتفسفرة عند تصميم وصناعة انبوب الصورة . ويتحدد نصوع الانبوب الجاهز بالجهد المعجل للالكترونات القاذفة وكثافة هذه الالكترونات .



ومن الواضح ان النصوع يزداد بزيادة الجهد المعجل ، اذ ان هذا الجهد هو الذى يحدد طاقة الكترونات الشعاع الماسح . وكلما زادت طاقة الالكترونات ، زاد عمق نفوذها الى داخل المادة المتفسفرة . ولذلك تؤدي زيادة الجهد

الشكل ٥ - ٧ . علاقة نموذجية بين متوسط نصوع الشاشة والجهد المعجل ، عند ثبات كثافة التيار

المعجل الى زيادة عدد طبقات المادة المتفسفرة التي تشارك في

عملية الضياء ، وبهذا يزداد النصوع . ويتناسب النصوع مع الجهد المعجل مرفوعا الى قوة يتراوح اسها بين ١ - ٢,٨ ، فيساوى مثلا ١,٥ تقريبا اذا

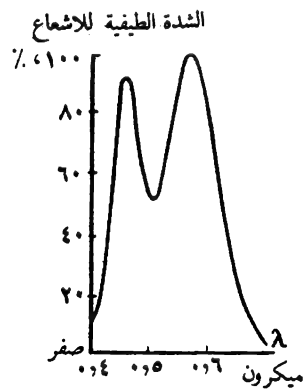
كانت الشاشة مصنوعة من السيليكات ، ويساوى حوالى ٢ اذا كانت الشاشة من الكبريتيد . ويبين الشكل ٥ - ٧ نمطا لمنحنى يمثل العلاقة بين النضوع  $B$  والجهد المعجل  $U_e$  عند ثبات كثافة تيار الشعاع .

ويتغير النضوع عند تغير كثافة تيار الشعاع حسب علاقة خطية تقريبا (اى يتناسب النضوع مع كثافة الشعاع طرديا تقريبا) ، اذا لم تتعد كثافة الشعاع حوالى ١ ميكروامبير/سم<sup>٢</sup> (اى حوالى ١٠٠ ميكروامبير على مليمتر مربع من الشاشة) . وعندما تزيد كثافة الشعاع عن هذه القيمة تقريبا ، تقل تدريجيا الزيادة النسبية فى قيمة النضوع نتيجة لاقتراب عملية الضياء من حد التشبع .

ويتم التحكم فى نضوع الشاشة بتغيير جهد الكترود التحكم ، طالما ان تيار الشعاع يتوقف على هذا الجهد . ولذلك من المهم عمليا معرفة منحنى العلاقة بين النضوع وجهد الكترود التحكم لكل طراز من انابيب الصورة . وتراوح قيمة اقصى نضوع للشاشات التلفزيونية العادية بين ٣٠ - ٣٠٠ شمعة/م<sup>٢</sup> ، بينما يبلغ اقصى نضوع لشاشات انابيب الاسقاط ١٠٠٠ - ٥٠٠٠ شمعة/م<sup>٢</sup> ويصل احيانا الى ١٠٠٠٠٠ شمعة/م<sup>٢</sup> (بواسطة جهد معجل قدره ٨٠ كيلوفولط وشعاع كثافته ١٠ ميكروامبير/سم<sup>٢</sup>) .

٢ - طيف الاشعاع : يتمثل طيف الاشعاع عادة بمنحنى تبعية الشدة

النسبية للاشعاع (نسبة شدة الاشعاع عند اى موجة الى شدة الاشعاع القصوى) لطول موجة الاشعاع . ويتصف المنحنى الطيفى لاشعاع جميع المواد المتفسفرة المعروفة بعدم انتظام لدرجة كبيرة . ولكى يكون ضياء الشاشة التلفزيونية ابيض اللون ، تتم صنعها من مادتين او ثلاث من المواد المتفسفرة التى تتركز اشعاعاتها فى نطاقات مختلفة من الطيف . ويبين الشكل ٥ - ٨ المنحنى الطيفى لاشعاع شاشة تضى بلون ابيض تقريبا.



الشكل ٥ - ٨ . المنحنى الطيفى لاشعاع شاشة بضاء الضياء

ويوضح الشكل ان طيف هذا الاشعاع هو ايضا غير منتظم وتوجد فيه قمتان ، مع ان الاشعاع يبدو للعين ابيض اللون تقريبا ( كما لو كان طيفه منتظما ) .

٣- الثابت الزمني للمداومة الشاشة ومدة المداومة : تصنف المواد المتفسفرة عادة بانه اذا تعرضت نقطة منها لتأثير حزمة الكترونات ثم انقطع التأثير ، فان نصوص تلك النقطة يتناقص حسب علاقة اسية تقريبا :

$$B_t \approx B_0 e^{-t/\tau} \quad (5.1)$$

حيث  $B_0$  هو النصوص فى لحظة انقطاع تأثير حزمة الالكترونات ،  $B_t$  هو النصوص بعد مرور فترة  $t$  منذ لحظة انقطاع التأثير .  
اما  $\tau$  ، فهو الثابت الزمني للمداومة ، اى هو الفترة الزمنية التى يتضاءل خلالها النصوص بنسبة تساوى  $0.37 \approx \frac{1}{e}$  ( مع العلم ان  $e$  هو اساس اللوغاريتمات الطبيعية ) . ويعتبر ان مدة المداومة هى الفترة التى يتناقص خلالها النصوص حتى القيمة المساوية ١٪ من القيمة الابتدائية  $B_0$  . وتصنف قيم مدة المداومة كما يلى :

١- قصيرة جدا : اقل من ١٠-٥ ثانية ؛

٢- قصيرة : بين ١٠-٥ - ١٠-٢ ثانية ؛

٣- متوسطة : بين ١٠-٢ - ١٠-١ ثانية ؛

٤- طويلة : بين ١٠-١ - ١٦ ثانية ؛

٥- طويلة جدا : اكثر من ١٦ ثانية .

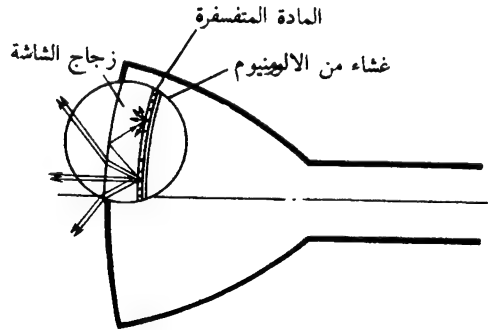
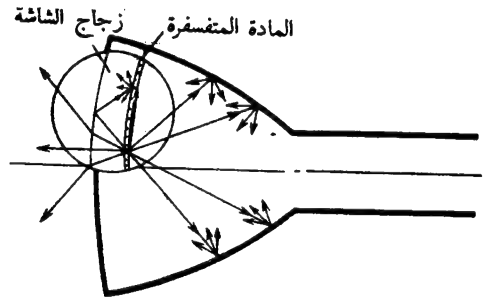
وتمتاز الشاشات المستخدمة فى انايبب الصورة العادية بانها ذات مدة مداومة متوسطة .

٤- فعالية التحويل والفعالية الضيائية : ان نسبة الطاقة الضوئية التى تشعها الشاشة الى الطاقة الكهربائية ( الحركية ) للالكترونات القاذفة تسمى فعالية . ( كفاءة ) التحويل . وتتراوح قيمتها لمختلف المواد المتفسفرة بين ١٠-١٪ اذا كان الجهد المعجل ١٢ - ٨٠ كيلوفولط . وهى تزيد بزيادة الجهد المعجل وتنقص بزيادة كثافة تيار الشعاع .

اما نسبة الشدة الضيائية لاشعاع الشاشة الى القدرة المستهلكة ( قدرة حزمة الالكترونات القاذفة ) ، فهي تسمى الفعالية ( الكفاءة ) الضيائية . وهي تتوقف على نوع المادة المتفسفة والجهد المعجل وكثافة تيار الشعاع وعوامل اخرى . وتبلغ قيمتها للانابيب العادية التي تعمل بجهد معجل قدره ١٤ - ١٨ كيلوفولط وكثافة شعاع قدرها ٠,١ - ١ ميكروامبير/سم<sup>٢</sup> حوالى ٢ - ٣ شمعة/واط اذا كانت الشاشة مؤلمنة . اما الفعالية الضيائية لانابيب الاسقاط التي تعمل بجهد قدره ٦٠ - ٨٠ كيلوفولط ، فهي تبلغ ٨ - ١٠ شمعة/واط .

٥ - انعكاسات الضوء ونسبة التباين : يبين الشكل ٥ - ٩ اتجاهات الاشعة الضوئية الناتجة عن ضياء نقطة من الشاشة بتأثير الشعاع الالكتروني .

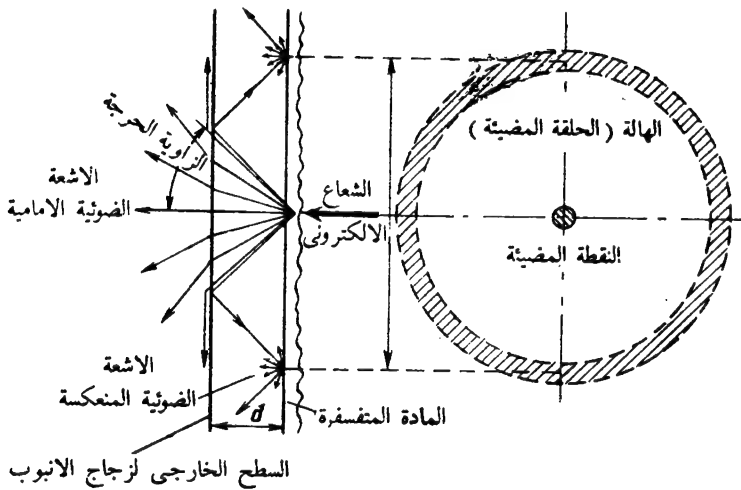
وقد رسم الجزء المحيط بهذه النقطة مكبرا بنسبة كبيرة ضمن حدود الدائرة المبينة فى الشكل . ويوضح هذا الشكل ان نسبة كبيرة من الضوء الذى تشعه الشاشة ( حوالى ٥٠ ٪ ) يتجه الى داخل الانبوب ( اذا كانت الشاشة غير مؤلمنة ) . ويضع هذا الجزء بدون فائدة ، لا بل انه يسيء جدا الى جودة الصورة ، اذ ينعكس عن جدران الانبوب ويرتد نحو الشاشة ، او يتجه من النقطة المضئية نحو نقاط اخرى من نقاط الشاشة مباشرة ( بسبب انحناء الشاشة ) ، فيضى شتى اجزاء الشاشة . ويؤدى هذا



الشكل ٥ - ٩ . توزع الضوء فى أنبوب صورة عادى (أ) ومؤلمن (ب)

الى انخفاض نسبة تباين الصورة (نسبة النصوص الأقصى او نصوص التفاصيل البيضاء الى النصوص الأدنى او نصوص التفاصيل السوداء) ، اذ ان نصوص الاجزاء التى يجب ان تكون مظلمة (التفاصيل السوداء) يزداد للدرجة محسوسة .

وينعكس حوالى ١٥ - ٢٥ ٪ من الضوء الذى تشعه النقطة المضئية انعكاسا كليا عن زجاج الشاشة . وهو ايضا غير مفيد ، لا بل يسبب هالة غير مرغوب فيها حول تلك النقطة (الشكل ٥ - ١٠) . ويؤدى ظهور الهالات ،



الشكل ٥ - ١٠ . مسار الاشعة الصادرة عن النقطة المضئية داخل زجاج الشاشة وتكون الهالة

مثل غيرها من الازعاجات غير المرغوب فيها ، الى انخفاض تباين الصورة (وخاصة تباين التفاصيل الصغيرة) .

وهكذا يستفاد فقط من حوالى ٢٥ - ٣٥ ٪ من ضياء الشاشة . ويمكن تقليل مقدار الضوء الضائع وآثاره المضرة تقليصا شديدا بتغطية الوجه الداخلى للشاشة بطبقة معدنية رقيقة . وتستخدم عادة طبقة رقيقة جدا من الالومنيوم «شفافة» للالكترونات وعاكسة للضوء . وتسمح هذه الطريقة (الالمنة) بزيادة شدة الضوء المستفاد منه بمرتين تقريبا ، وتحسن تباين التفاصيل

الكبيرة باكثر من ثلاث مرات . اما تباين التفاصيل الصغيرة ، فهو يتحسن بنسبة اقل ، طالما ان السبب الرئيسى لانخفاضه هو الهالات والاضاءة الجانبية لعناصر الصورة المجاورة .

واذا كانت نسبة التباين التى يمكن الحصول عليها فى حالة الشاشات غير المؤلمة لا تتعدى ٣٠ للتفاصيل الكبيرة و ١٠ للتفاصيل الصغيرة ، فان الالمنة تسمح بزيادة نسبة تباين التفاصيل الكبيرة الى ١٠٠ ، مع انها لا تحسن كثيرا تباين التفاصيل الصغيرة .

ولكى يتحسن تباين التفاصيل الصغيرة وتباين الصورة كلها ، يصنع الجزء الامامى لانبوب الصورة من زجاج غامق ( او يغطى زجاج شاشة انبوب الصورة الجاهز بغشاء او طلاء من الورنيش ) . وينبغى ان يكون هذا الزجاج مرشحا متعادلا (رماديا) للضوء ، اى ينبغى ان يسبب توهينا متساويا لكل موجات الضوء ( لكل الالوان ) .

ويتربط على استخدام الزجاج الغامق ان تنخفض شدة ضوء الشاشة . واذا كان نصوع نقطة ما من الشاشة غير المغطاة بالزجاج الغامق هو  $B$  ، فان نصوع تلك النقطة يصبح مساويا  $B\tau$  فى حالة تغطية الشاشة بالزجاج الغامق ذى الشفافية  $\tau$  ، اى ينخفض نصوع تلك النقطة بالنسبة  $\frac{1}{\tau}$  ( طالما ان  $\tau < 1$  ) . ولكن شدة الضوء المكون للهالة تقل بنسبة  $\frac{1}{\tau^2}$  ، اذ ان هذا الضوء ( الذى ينعكس مرتين بزاوية اكبر من الزاوية الحرجة  $\theta_c$  ، كما يبين الشكل ٥ - ١٠ ) يجتاز داخل الزجاج طريقا ، طوله اكبر باربعة مرات تقريبا من ثخانة الزجاج . ولذلك يقل النصوع النسبى للهالة بنسبة  $\frac{1}{\tau^3}$  تقريبا . ومن المفيد جدا ايضا استخدام الزجاج الغامق لتحسين تباين الصورة عند مشاهدتها فى غرفة مضاءة . ففي هذه الحالة يسقط على الشاشة ضوء خارجى ، ينعكس عن الطبقة المتفسفرة ( بنسبة تبلغ ٧٥ ٪ ) ، فيزيد نصوع كل اجزاء الشاشة ، سواء المضئية ( المناظرة للتفاصيل البيضاء من الصورة ) ام المعتمة ( المناظرة للتفاصيل السوداء ) ، مما يؤدي الى انخفاض تباين الصورة .

واذا كان تباين الصورة فى حالة اظلام غرفة المشاهدة  $\beta = \frac{B_{max}}{B_{min}}$  ( حيث  $B_{max}$  ،  $B_{min}$  هما قيمتا النصوع الاقصى والنصوع الادنى ) ، فان



اضافة نصوع قدره  $\Delta B$  الى نصوع جميع تفاصيل الصورة فى حالة وجود ضوء خارجى تجعل التباين مساويا  $\beta' = \frac{B_{\max} + \Delta B}{B_{\min} + \Delta B}$  ، فينخفض جدا كلما زاد النصوع الاضافى  $\Delta B$  . واذا غطيت الشاشة بزجاج غامق ذى الشفافية  $\tau$  فان التباين يصبح مساويا :

$$\beta'' = \frac{B_{\max}\tau + \Delta B \cdot \tau^2}{B_{\min}\tau + \Delta B \cdot \tau^2} = \frac{B_{\max} + \Delta B \cdot \tau}{B_{\min} + \Delta B \cdot \tau}$$

لان الضوء الخارجى المنعكس يمر من خلال الزجاج مرتين ( طالما انه ينعكس عن الطبقة المتفسفرة ) ، بينما يمر الضوء الذى تشعه المادة المتفسفرة مرة واحدة من خلال الزجاج ، وهكذا فان الضؤ الخارجى المنعكس يصبح نسبيا اضعف ، فيتحسن التباين ( وتزداد قيمته  $\beta''$  ، كلما زادت  $\tau$  ) .

## البند ٥-٥ المنة الشاشة

ذكرنا آنفا ضرورة تغطية الوجه الداخلى للشاشة بطبقة معدنية ، ويجب ان تكون هذه الطبقة :

أ) رقيقة جدا ، بحيث تكون « شفافة » للالكترونات القاذفة ( ولكن غير « شفافة » للايونات ) ؛

ب) غير شفافة للضوء ، وملساء جدا بحيث تعكس الضوء جيدا ؛

ج) موصلة جيدا ، بحيث يكون سريان تيار الانود حرا لدرجة كافية ؛

د) متينة جيدا ، بحيث تتحمل عمليات صناعة انبوب الصورة ، وقذف الالكترونات ايضا ؛

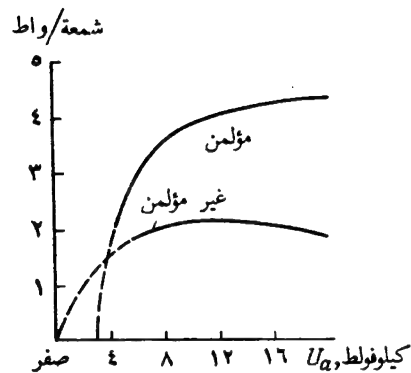
هـ) غير قابلة للتفاعل الكيميائى مع المادة المتفسفرة .

ولقد تبين ان طبقة رقيقة من الالومنيوم تحقق هذه السطبات بكاملها افضل تحقيق .

وتسبب طبقة الالومنيوم فقد ٨٥ ٪ من طاقة الشعاع الالكترونى اذا كانت ثخانتها ٠,٥ ميكرون ، واذا كان الجهد المعجل هو ١٠ كيلوفولط . ولكن الفقد ينخفض الى ٤٣ ٪ فيما اذا كانت الثخانة ٠,٢ ميكرون ، وينخفض

الى ٢٣ ٪ اذا كانت ٠,١ ميكرون . وتنخفض نسبة الفقد بحددة ، كلما زاد الجهد المعجل . ويبين الشكل ٥-١١ العلاقة بين الفعالية الضيائية لانايب الصورة والجهد المعجل عند ثبات تيار الشعاع في حالتى الشاشات المؤلمة وغير المؤلمة . ويوضح الشكل انه

اذا كان الجهد المعجل منخفضا ، فان فعالية الشاشات المؤلمة تكون اقل ، مما يفسر بفقد الالكترونات لطاقة كبيرة فى طبقة الالومنيوم فى هذه الحالة . واذا كان الجهد المعجل مرتفعا ، فان فعالية الشاشات المؤلمة تكون اكبر بكثير ( نتيجة للاستفادة من الضوء الذى تشعه المادة المتفسرة الى الداخل ) . واذا



كانت خواص الابتعاث الثانوى للمادة المتفسرة سيئة نسبيا ، فان تفوق

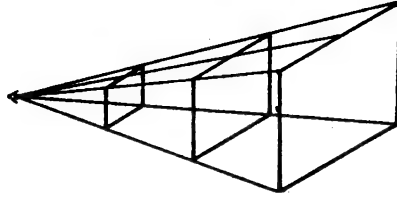
الشكل ٥-١١ . العلاقة بين الفعالية الضوئية لانبوب الصورة والجهد المعجل

الانايب ذات طبقة الالومنيوم يكون اكبر بكثير مما مبين فى الشكل . وتستخدم الانايب العصرية طبقة الومنيوم ثخانتها ٠,٠٥ - ٠,٥ ميكرون . وتزيد الفعالية الضيائية لهذه الانايب عن فعالية الانايب غير المؤلمة ، اذا كان الجهد المعجل اعلى من ٤-٦ كيلوفولط .

## البند ٥-٦ خصائص تصميم انايب الصورة

١- مقاس الشاشة : ان الانسان يقيم مقاس (ابعاد) الصورة بالقيمة الزاوية ، وليس بالقيمة المطلقة . والقيمة الزاوية لمقاس الصورة هى قيمة الزاوية بين الاشعة الواردة الى حدقة عين الانسان من النقاط الواقعة فى اطراف الصورة . وهكذا ، اذا شاهدنا الصور ذات الارتفاعات ١٠ سم ، ٢٤ سم ، ٣٠ سم من المسافات ١ م ، ٢,٤ م ، ٣ م على الترتيب ، فان مقاسات تلك الصور تبدولنا متساوية (الشكل ٥-١٢) .

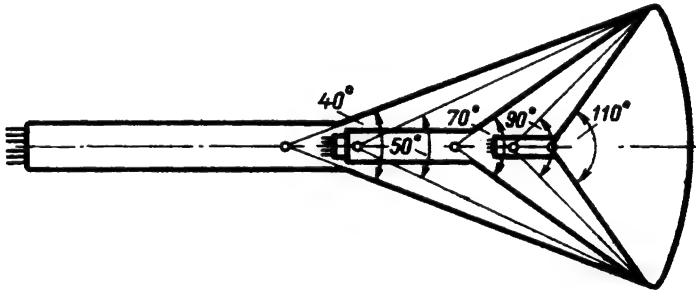
ولكى نرى الصورة التلفزيونية (وكذلك السينمائية) ، بحيث نستطيع التمييز بين التفاصيل الدقيقة للصورة بكاملها لتبدو واضحة اكثر ما يمكن ، ولايتكون احسن انطباع عنها ، ينبغي ان يكون المقاس الزاوى لارتفاع الشاشة



الشكل ٥ - ١٢ . الصور ذات الابعاد الزاوية المتساوية تبدو للمشاهد متساوية المقاس

حوالى ١٥ . وهذا يستلزم الا يزيد قطر الشاشة المستخدمة فى الغرف الصغيرة عن ٤٧ - ٥٩ سم ( ١٩ - ٢٣ بوصة ) .

وتمتاز الشاشات العصرية ( التى قطرها ٤٧ - ٦٣ سم ) بانها ذات شكل مستطيل يسمح بالحصول على مقاس الصورة المطلوب باقل ابعاد خطية للشاشة .



الشكل ٥ - ١٣ . العلاقة بين طول انبوب الصورة وزاوية انحراف الشعاع المظى فى حالة ثبات مقاس الشاشة

٢- زاوية انحراف الشعاع الالكترونى : ان تصغير حجم جهاز التلفزيون ، بدون تقليل مقاس الشاشة يتطلب تقصير طول انبوب الصورة . ويتم هذا بزيادة زاوية الجزء المخروطى من الانبوب ، اى زاوية الانحراف التى يسمح بها ، كما يوضح الشكل ٥ - ١٣ ، حيث رسمت الحدود الهندسية

لانايب متشابهة الشاشة ، تعمل بزوايا انحراف :  $40^\circ$  (لم تعد تستخدم) ،  $90^\circ$  ،  $110^\circ$  . ويبين الشكل ايضا مركزى انبوبين زاويتاهما  $50^\circ$  ،  $90^\circ$  .  
وتتميز الانايب ذات الزاوية  $110^\circ$  بصغر قطر عتق الانبوب وتوسعه التدريجى فى مكان اتصاله بالجزء المخروطى (مما سمح بتحسين فعالية وحدة الانحراف) ، كما تتميز باستخدامها لطريقة التركيز الالكترىستاتى التى تستخدم ايضا. فى الانايب ذات الزوايا الاصغر اذا كانت مستطيلة الشاشة .

٣- نسبة الشكل : مما متعارف عليه فى انظمة التلفزيون ان تكون نسبة الشكل ، اى نسبة عرض الصورة التلفزيونية الى طولها مساوية  $\frac{4}{3}$  . ولكن الاعتبارات التكنولوجية استلزمت ان تصمم الانايب ذات الزاوية  $110^\circ$  بنسبة شكل  $\frac{5}{4}$  ، بدلا من  $\frac{4}{3}$  .

واذا ضبط ارتفاع الصورة بحيث يساوى ارتفاع الشاشة ، فان عرض الشاشة التى نسبة شكلها  $\frac{5}{4}$  لن يتسع لعرض الصورة المرسله بنسبة شكل  $\frac{4}{3}$  ، بل سيبقى حوالى ٦٪ من عرض الصورة خارج نطاق الشاشة (ويمكن تفادى هذا بتضييق عرض الصورة ، ولكن تضييق العرض مع المحافظة على الارتفاع يسبب تشوهات هندسية) . ويمكن عادة السماح بفقد ٦٪ من عرض الصورة ، طالما ان المحتوى الاساسى للبرامج المرسله يتركز فى الجزء الاوسط من الصورة . ولكى لا تفقد اجزاء اخرى من الصورة ، تستخدم فى اجهزة التلفزيون الحديثة دوائر لتنظيم (تثبيت) فلتية منبع القدرة . ولو لم تستخدم هذه الدوائر ، لكان من الضرورى ان تكون ابعاد الصورة اكبر من ابعاد الاطار المحدد حتى لا ترى اطراف الهيكل الخطى عند تغير فلتية المنبع .

ويمكن الاستفادة من الوقت الذى يجرى أثناء ارسال اشارة الصورة بدون ان يعاد انتاجها فى الانايب ذات نسبة الشكل  $\frac{5}{4}$  ، اضافة الى الفترة التى لا يجرى خلالها ارسال اشارة الصورة (وهى تبلغ حوالى ١٤٪ من دور المسح الافقى) ، بزيادة فترة ارتداد الشعاع فى تلك الانايب (حتى حوالى ٢٢٪ من دور المسح الافقى) . ويستلزم ذلك ان يتم اطفاء الشعاع خلال فترة الارتداد بنبضات خاصة ، لان اشارة الصورة ترسل خلال جزء من

تلك الفترة . وتسمح زيادة فترة الارتداد بتبسيط تصميم دوائر المسح الاقوى وتخفيض القدرة التى تستهلكها (بحوالى الثلث) .

#### ٤ - الخصائص التكنولوجية : يتكون الانبوب بنتيجة التحام ثلاثة اجزاء

هى : العنق والجزء المخروطى وقعر الانبوب ( الشاشة ) . وتصنع الشاشة من نوع خاص من الزجاج ( يفضل ان يكون من الزجاج الغامق ) . ويغطى زجاج الشاشة من الداخل بطبقة متفسفرة ، وطبقة من الالومنيوم ايضا . ويصنع الجزء المخروطى من نوع خاص من الزجاج ، او من نوع من الفولاذ يمكن لحمة جيدا مع الزجاج . وقد يغطى الجزء المخروطى من الخارج بطبقة موصلة تكفى سعتها لترشيح الجهد العالى جدا .

وينبغى ان يتصف زجاج الانبوب بالمتانة الكهربائية اللازمة ( لمنع تسريب الجهد العالى جدا ولتفادى حدوث انهيار كهربائى ) والمتانة الميكانيكية الضرورية ايضا . ويجب ان تكفى المتانة الميكانيكية لتحمل الضغط الجوى الذى يساوى حوالى ١ كجم/سم<sup>٢</sup> ، إذ ان هذا الضغط يؤثر على الشاشة التى يبلغ قطرها ٤٧ سم بقوة تزيد عن الطن .

٥ - انفجار الانابيب والوقاية منه : رغم ان انابيب الصورة تصمم بحيث تكون قادرة على تحمل الضغط الجوى ، يمكن ان تنفجر هذه الانابيب نتيجة التثقيقات والصدمات التى تتعرض لها ( عند التصليح مثلا ) . ويمكن ان يحدث الانفجار فجأة عند حدوث تغيرات غير متوقعة فى درجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوى . وعندما يحدث الانفجار يتحول الانبوب الى شظايا صغيرة تتطاير فى شتى الجهات ، فتؤذى المشاهدين ، كما تضر بالمكونات الاخرى للجهاز .

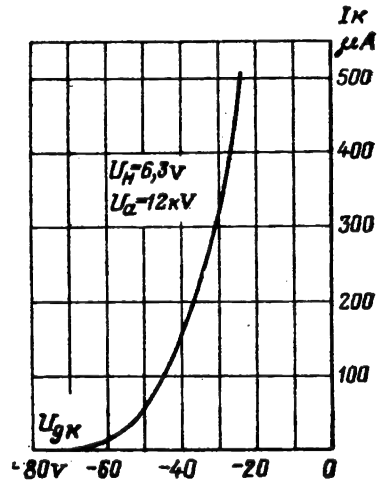
وكانت الوقاية من انفجار انابيب الصورة تتم فى السابق بتغطية الشاشة بلوح واق من الزجاج او البلاستيك الشفاف . ولكن هذه الطريقة تؤمن فقط وقاية المشاهدين ، وهى تسمى الى جودة الصورة . وتتم الوقاية فى الانابيب العصرية باستخدام حزام معدنى يشد حول مكان التحام الشاشة والجزء المخروطى ، لان هذا المكان هو اقل اماكن الانبوب متانة . ويملاء ما بين الحزام والانبوب بمادة ( من الجيس او الكبريت ) تتصف بان معامل تمددها الحرارى يساوى معامل تمدد الزجاج .

## البند ٥ - ٧ القيم والخواص المميزة لانايب الصورة

ان اهم المعطيات التى تنشر عن انايب الصورة فى الدليل الخاص بها ، او فى كتب اخرى هى المعطيات الخاصة بتصميم الانبوب ، والقيم الكهربائية ، والمنحنى الذى يحدد العلاقة بين تيار الشعاع والجهد المسلط على الكترود التحكم . ويسمى هذا المنحنى عادة المنحنى المميز التحويلي ، لانه يبين كيفية تحويل تغيرات الجهد المسلط على الكترود التحكم الى تغيرات فى شدة تيار الشعاع او نضوع الشاشة ( طالما ان النضوع يتناسب مع تيار الشعاع ) .

ويمكن بواسطة المنحنى التحويلي ان نحدد مثلا الجهد الذى يجب

ان يسلط على الكترود التحكم من اجل قطع ( او « اظفاء » ) الشعاع الالكترونى واطلام الشاشة . ويسمى هذا الجهد جهد ( فلتية ) القطع . ويسمح المنحنى التحويلي ايضا بتحديد جهد الانحياز الذى يجب ان يسلط على الكترود التحكم مع جهد الاشارة الصورية ، حتى يكون ثباين الصورة المتكونة على الشاشة اكبر ما يمكن . ويمكن ايضا ان نحدد بواسطة ذلك المنحنى اقصى



اتساع لاشارة الصورة التى يعاد انتاجها بدون تشويه ( اى بدون حفر زائد للانبوب ) ، وما الى ذلك .

اما معطيات التصميم والقيم

الكهربائية ، فهى تحدد ظروف تشغيل انبوب الصورة ودائرة توصيلاته باللواثر الاخرى لجهاز الاستقبال .

ويمكن اخذ فكرة واضحة عن معطيات انايب الصورة من المنحنى

التحويلي ( الشكل ٥ - ١٤ ) ، والمعطيات التى سنوردها فيما يلى ( لاحد الطرازات السوفيتية ) :

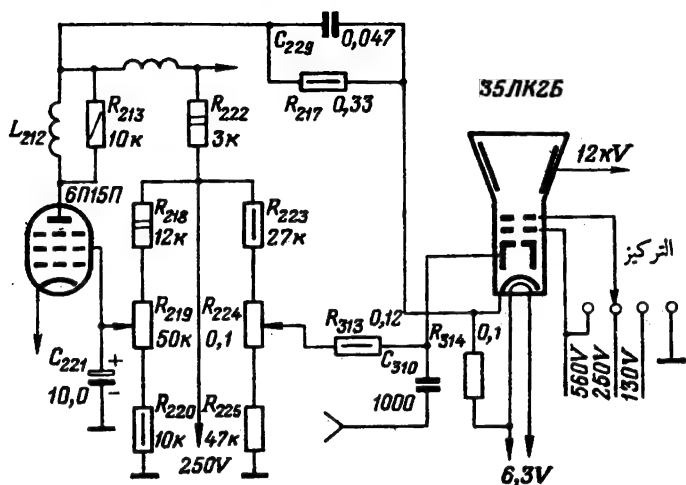
# ١ - المعطيات العامة :

- الكاثود : اكسيدى ذو تسخين غير مباشر .  
تركيز الشعاع :- الكتروستاتى .  
انحراف الشعاع : مغنطيسى .  
زاوية الانحراف باتجاه قطر الشاشة : ١١٠° .  
الشاشة : مؤلمنة ، بيضاء الضياء ، ذات مداومة متوسطة .  
قدرة التبين ( البيان ) : ٦٠٠ خط فى الوسط ، ٥٥٠ فى الاطراف .  
مقاس الصورة ( علما بان قطر الشاشة ٤٣ سم ) : ٣٧٥ × ٢٩٧ مم .  
الوزن الاقصى : ٥,٥ كجم .  
٢ - القيم الكهربائية والضوئية :  
جهد التسخين : ٦,٣ فولط .  
تيار التسخين : ٠,٦ أمبير .  
جهد الانود : + ١٤ كيلوفولط .  
جهد الكتروود التركيز : بين - ١٠٠ و + ٤٥٠ فولط .  
جهد الالكترود الحاجب ( المعجل ) : + ٣٠٠ فولط .  
جهد القطع : بين - ٥٥ و - ٢٥ فولط .  
اتساع الاشارة : لا يزيد عن ٢٥ فولط ، من اجل تغيير تيار الشعاع من ١ الى ١٠٠ ميكروامبير .  
النصوع : لا يقل عن ١٠٠ شمعة/م<sup>٢</sup> ، اذا كان تيار الشعاع ٤٢ ميكروامبير .  
٣ - القيم الدنيا والقصى المسموح بها :

الحد الاقصى	الحد الادنى	اسماء المعطيات
٦,٩ فولط	٥,٧ فولط	جهد التسخين
١٦ كيلوفولط	١٢ كيلوفولط	جهد الانود
+ ١٠٠٠ فولط	- ٣٠٠ فولط	جهد الكتروود التركيز
٥٠٠ فولط	٢٥٠ فولط	جهد الالكترود الحاجب
صفر فولط	- ١٥٠ فولط	جهد الكتروود التحكم
صفر فولط	- ١٢٥ فولط	فرق الجهد بين الكاثود والفتيلة
١٥٠ ميكروامبير	-	متوسط تيار الكاثود
١ ميغاوم	-	المقاومة التسريية فى دائرة الكتروود التحكم

## البند ٥-٨ دائرة توصيلات انبوب الصورة

يبين الشكل ٥-١٥ رسماً تخطيطياً لتوصيلات انبوب الصورة فى جهاز تلفزيون سوفيتى (ذى شاشة صغيرة ، قطرها ٣٥ سم) .



الشكل ٥-١٥. دائرة توصيل انبوب صورة قطر شاشته ٣٥ سم ، فى جهاز تلفزيون سوفيتى الصنع

ويوضح الرسم ان التسخين يتم بفلطية قدرها ٦,٣ فولط ، وان الجهد المسلط على الانود يساوى ١٢ كيلو فولط ، وجهد الكاثود الحاجب ٥٦٠ فولط . اما قيمة الجهد المسلط على الكاثود التركيز ، فهى يمكن ان تكون صفرا ، ١٣٠ ، ٢٥٠ ، ٥٦٠ فولط ، تبعا لكون الكاثود موصلا بالنقطة أ ، ب ، ج ، او د على الترتيب . ويختار جهد التركيز بحيث يكون تركيز الشعاع افضل ما يمكن .

وتسلط اشارة الصورة (الآتية من انود صمام التكبير) على كاثود انبوب الصورة عن طريق المقاومة  $R_{217}$  والمكثف  $C_{229}$  الموصل معها على التوازي . ويسمح المكثف بتمرير مركبات التيار المتردد (الاشارة) ، بينما تسمح المقاومة بتمرير التيار المستمر (تيار شعاع الانبوب) . وبلغ هبوط الجهد على هذه المقاومة ٢٠ - ٣٠ فولط عادة ، ولكنه يزداد بشدة اذا زاد تيار



الشعاع لسبب ما زيادة خطرة ، وبهذا يقوم ذلك الجهد بدور جهد انحياز يحد من زيادة تيار الشعاع ، فيحد من استهلاك الكاثود ويمنع احتراق الشاشة . ويتوقف نضوع الشاشة على فرق الجهد بين الكترود التحكم والكاثود ، فيتغير نضوع كل نقطة من نقاط الشاشة تبعاً لجهد الإشارة المسلطة على الكاثود ، كما يتغير نضوع كل نقاط الشاشة (متوسط نضوع الشاشة) عند تغيير الجهد المستمر المسلط على الكترود التحكم . ويمكن ضبط هذا الجهد بواسطة مجزئ الجهد  $R_{224}$  ، وبهذا يمكن ضبط نضوع الشاشة . وطالما ان جهد الكترود التحكم يجب ان يكون اقل قليلا من جهد الكاثود ( ليكون فرق الجهد سالبا ، ولكن قليل القيمة ) ، لذلك تستخدم المقاومتان  $R_{225}$  ،  $R_{228}$  بقيمتين ملائمتين .

وتسلط على الكترود التحكم ايضا نبضات ذات قطبية سالبة تقوم باطفاء الشعاع الالكترونى فى فترات الارتداد الرأسى ( اثناء غياب الإشارة ) . وتشكل تلك النبضات بواسطة الدائرة  $R_{224}$   $R_{225}$   $R_{218}$   $C_{210}$  التى تسلط عليها (على  $C_{210}$ ) نبضات تأتى من دائرة الانحراف الرأسى .

### البند ٥ - ٩ قواعد صيانة انايب الصورة

من اهم القواعد التى يجب مراعاتها عند صيانة انايب الصورة الا تسلط على الكتروداتها جهود تخرج قيمها عن الحدود المسموح بها .

زيادة فلطية التسخين عن الحد الاقصى المسموح به تؤدي الى تقليص عمر الفتيلة والكاثود ، كما ان زيادة جهد الالكترود المعجل تؤدي ايضا الى تقليص عمر الكاثود ، طالما انها تقلص السطح الذى يجرى منه الابتعاث من الكاثود مما يتطلب زيادة كثافة الابتعاث للحصول على شدة معينة لتيار الشعاع . ويترتب على زيادة الجهود المسلطة على الالكترودات ان يظهر ابتعاث ثانوى ضار من بعض هذه الالكترودات ، وقد يحدث انهيار كهربائى بين الالكترودات ، كما يزيد التأثير المدمر للايونات السالبة والموجبة .

ويضر ايضا بانبوب الصورة ان تغذى الكتروداته بجهود تقل عن الحد الأدنى المسموح به . فمثلا يترتب على انخفاض فلطية التسخين الى ما دون

الحد الأدنى المسموح به ، ان تكون كثافة الابعثات من بعض نقاط الكاثود اكبر من كثافة الابعثات من النقاط الاخرى ، مما يؤدى الى ان تسخن تلك النقاط للدرجة زائدة ، فتزيد كثافة الابعثات منها للدرجة اكبر ، مما يجعلها تسخن اكثر ، فينتج عن ذلك ان تتبخر طبقة الكاثود القادرة على الابعثات ( الطبقة الاكسيدية ) وهكذا يقل عمر الكاثود .

وينبغى تشغيل انابيب الصورة بترتيب معين ، لتفادى احتراق الشاشة بتاثير الشعاع الالكتروني عند حدوث خلل فى وحدة الانحراف . ويوصى ان يتم تشغيل انابيب الصورة كما يلى :

نضبط اولا الفلطية السالبة المسطرة بين الكترود التحكم والكاثود لتكون (بالقيمة المطلقة) اكبر من فلطية القطع . وننتظر مرور دقيقتين بعد بداية تشغيل جهاز التلفزيون ريثما تبلغ درجة حرارة الكاثود القيمة اللازمة . وبعد ذلك نخفض قليلا فرق الجهد بين الكترود التحكم والكاثود ، بحيث يبدأ ضياء الشاشة (يصبح تيار الشعاع اكبر من الصفر قليلا) . واذا لاحظنا بمراقبة الشاشة ان الشعاع الالكتروني ينحرف انحرافا سليما ، يمكن ان نزيد تيار الشعاع حتى نحصل على النصوص اللازم .

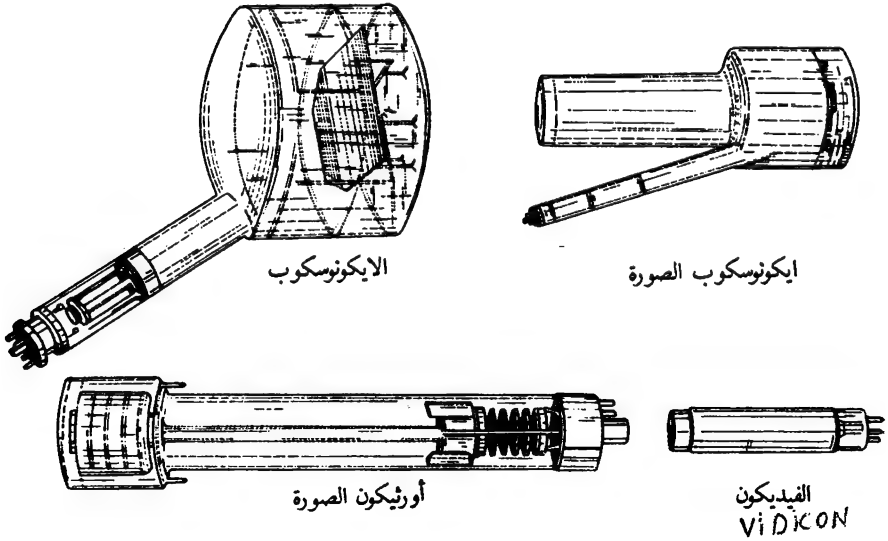
وينبغى ان نكون حذرين عند صيانة الانبوب ، حتى لا يصاب بصدمات او خدوش . ويجب الانمسك الانبوب من عنقه . وينبغى ايضا اتخاذ الاجراءات الضرورية ( حماية الايدي والوجه ) للوقاية من خطر انفجار الانابيب اذا لم تكن داخل جهاز التلفزيون واذا لم تكن مغلقة تغليفا خاصا . واذا كان الانبوب يشع اشعة اكس ( وهذا يحدث اذا كان الجهد المعجل اعلى من ٢٠ كيلوفولط ) ، يجب ايضا اتخاذ الاجراءات اللازمة لحماية النفس والمشاهدين من هذه الاشعة .

## الفصل السادس

# انابيب التصوير التلفزيوني

### البند ٦ - ١ معلومات عامة

يستخدم انبوب التصوير التلفزيوني ( انبوب الكاميرا ) لتحويل الصورة الضوئية للشئ المتلفز الى اشارة كهربائية .  
وقد ابتكرت اولا الانابيب التي تعمل بالابتعاث الكهروضوئي . وتم تحسين حساسيتها بزيادة فعالية الكاثودات الضوئية وفعالية تخزين الضوء وتحسين تباين صورة الشحنات ( مثلا باستخدام مبدأ نقل الصورة ) وكذلك باستخدام مضاعف الكترونات داخل الانبوب .  
وابتكرت فيما بعد الانابيب التي تعمل بالموصلية الكهروضوئية . وتمتاز هذه الانابيب بحساسية عالية وحجم صغير .

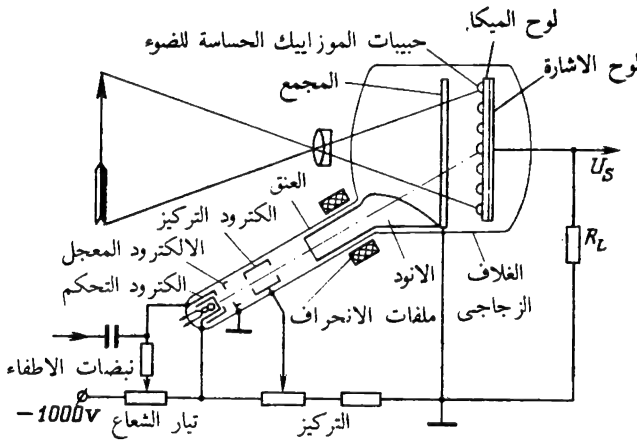


الشكل ٦ - ١ . انابيب التصوير التلفزيوني

ويبين الشكل ٦-١ المظهر الخارجى لأهم أنواع انابيب التصوير التلفزيونى ( من طرازات سوفيتية ).

## البند ٦-٢ الايكونوسكوب

كان ابتكار الايكونوسكوب نقطة انعطاف فى تاريخ تطور التلفزيون . فهو اول انبوب تصوير تحققت فيه فكرة تخزين الضوء التى سمحت بالحصول على حساسية افضل كثيرا من حساسية منظومات قرص نيكو .



الشكل ٦-٢ . تركيب الايكونوسكوب ودائرة توصيله

ويبين الشكل ٦-٢ تركيب الايكونوسكوب وتوصيلاته . ويتكون غلافه الزجاجى من التحام اسطوانة قصيرة باسطوانة ذات قطر اصغر تميل بزاوية حادة . ويركب داخل الاسطوانة المائلة مدفع الكترونات رباعى الالكترودات . ويمكن التحكم فى تيار الشعاع بتغيير جهد الكتود التحكم . وتستخدم لتركيز الشعاع الطريقة الالكتروستاتية . ويتم الانحراف بالطريقة المغنطيسية الكهربائية .

واهم عنصر فى الايكونوسكوب هو لوح الموزاييك الحساس للضوء الذى يتكون من لوح رقيق من الميكاف يغطى احد وجهيه بحبيبات من اكسيد

الفضة والسيزيوم . ويغطي الوجه الخلفى للوح بطبقة معدنية تسمى لوح الاشارة .  
وتثبت امام لوح الموزاييك حلقة معدنية تقوم بدور مجمع للالكترونات الضوئية  
( التى يبتعثها الضوء ) والالكترونات الثانوية ( التى يبتعثها الشعاع الالكترونى  
الماسح ) . ويتصل المجمع بانود مدفع الالكترونات الذى يكون عادة عبارة  
عن طبقة موصلة من الجرافيت الغروانى تغطى جزءا من السطح الداخلى للغلاف  
الزجاجى .

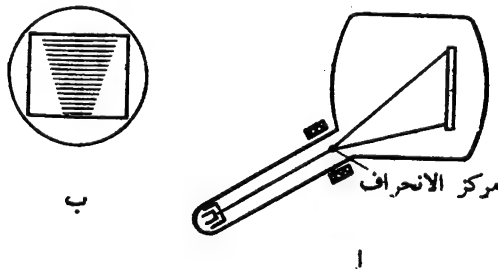
ويؤرض الانود ( يوصل بـ « الارض » ) ، بينما يسلط على الكاثود جهد  
سالب للحصول على المجال المعجل . وتوصل مقاومة الحمل بين لوح الاشارة  
والانود ( الارض ) .

وعندما تسقط الصورة الضوئية المراد تلفزتها على سطح لوح الموزاييك  
( بواسطة العدسة الشبكية ) ، تتكون على هذا اللوح صورة شحنات كما سبق  
ان بينا فى 'البند ٢ - ٣' . ويجرى مسح لوح الموزاييك بالشعاع الالكترونى  
المعجل بفرق جهد قدره ٧٠٠ - ١٠٠٠ فولط ، فيخرج كل الكترون من  
الكترونات الشعاع حوالى ٤ الكترونات ثانوية من الحبيبة التى يسقط عليها .  
ويرتفع جهد الحبيبات عند مسحها ، نتيجة للابتعاث الثانوى ، حتى يقارب  
جهد المجمع ، فلا يعد بامكان المجمع اجتذاب الالكترونات الثانوية ،  
ويضطر جزء من هذه الالكترونات للعودة الى لوح الموزاييك ، مما يؤدى  
الى ايقاف تزايد جهد تلك الحبيبات . ويستقر جهد الحبيبات التى يعبر مسحها  
عند جهد توازن يساوى + ٣ فولط ( بالنسبة الى المجمع او الانود ) . ويتكرر  
مسح كل حبيبة بعد فترة مسح الحبيبات الاخرى . ويتغير جهد الحبيبة فى  
الفترة المحصورة بين لحظتى مسحها تبعا لعدد الالكترونات التى تبتعثها  
بتأثير الضوء . ولكن جزءا من الالكترونات الضوئية قد يعود الى الموزاييك مع  
جزء من الالكترونات الثانوية المنبعثة من الحبيبات التى يعبر مسحها ،  
نتيجة لعدم وجود مجال كاف لجذبها نحو المجمع . ولذلك ينخفض جهد  
كل حبيبة من حبيبات الموزاييك فى الفترة الفاصلة بين لحظتى مسحها ،  
نتيجة لتدوم جزء من الالكترونات الضوئية والثانوية التى تبتعثها الحبيبات الاخرى  
اليها . وينخفض جهد الحبيبات غير المضاءة ( التى تسقط عليها التفاصيل

(السوداء) ، فى الفترة الفاصلة بين لحظتى مسحها ، الى حوالى - ١,٥ فولط ، بينما ينخفض جهد الحبيبات المضاء بمقدار اقل يختلف باختلاف استضاءتها . وهكذا يتحدد جهد كل حبيبة قبيل لحظة مسحها حسب شدة استضاءتها ، ويقل كلما قلت الاستضاءة . ويتغير جهد كل حبيبة فى فترة مسحها من قيمته قبيل لحظة المسح حتى قيمة ثابتة تساوى حوالى + ٣ فولط . ويمر فى مقاومة الحمل فى كل لحظة تيار يتحدد بتغير جهد الحبيبة التى يجرى مسحها . وهكذا ينتج التيار الذى يولد على مقاومة الحمل جهد الاشارة المناظرة للصورة المتلفة .

ويتصف الايكونوسكوب بعدة عيوب اهمها الحساسية المنخفضة (رغم انها اعلى من حساسية منظومات قرص نيكو) ، كما انه يسبب ظهور « ظلال » على الصورة المعاد انتاجها ويسبب تشويه الهيكل الخطى على شكل شبه المنحرف .

ومما يؤدي الى انخفاض حساسية الايكونوسكوب عدم الاستفادة الكاملة من تخزين الضوء . فمع ان الضوء يؤثر على الحبيبات المضاء تأثيرا مستمرا ، يستفاد من نسبة صغيرة فقط (حوالى  $\frac{1}{10}$ ) من الالكترونات الضوئية التى تبتعثها تلك الحبيبات ، لان النسبة الاكبر من هذه الالكترونات تضطر للعودة



الشكل ٦ - ٣ . تشويه شبه المنحرف

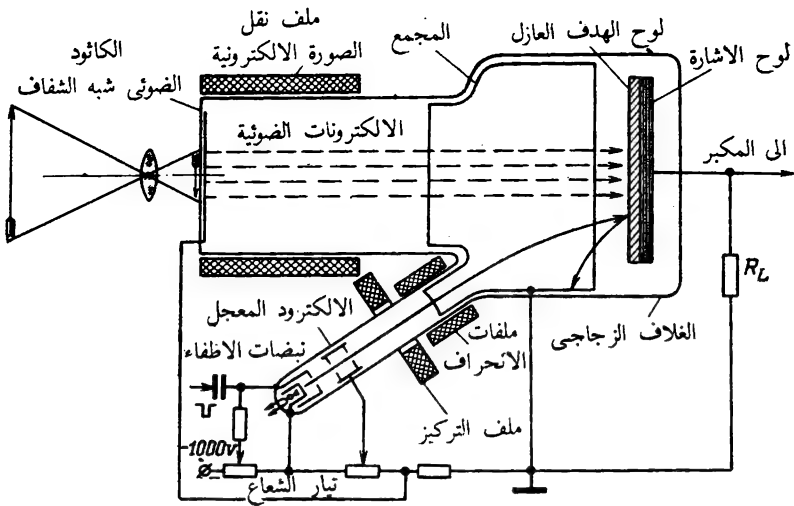
الى لوح الموزاييك نتيجة لوجود شحنة فراغ سالبة بين لوح الموزاييك والمجمع (تتكون لان جهد المجمع اعلى قليلا او اقل من جهد حبيبات لوح الموزاييك) . وتنتج ظاهرة « الظلال » (انخفاض نصوع الصورة المعاد انتاجها على شاشة جهاز الاستقبال فى الجزء الاوسط من الصورة) عن توزيع شحنة الفراغ

امام لوح الموزاييك توزعا غير متعادل ، كما يؤدي اليها تشتت الالكترونات الثانية وسقوط اغلبها على وسط لوح الموزاييك .  
ويتشوه الهيكل الخطي على شكل شبه المنحرف ، نتيجة لان محور مدفع الالكترونات في الايكونوسكوب يميل بزاوية حادة بالنسبة الى سطح الموزاييك ( الشكل ٦ - ٣ ، أ ) ، اذ يترتب على هذا ان تكون خطوط المسح العليا ابعد عن مركز انحراف الشعاع من خطوط المسح السفلى ، ولهذا تكون الخطوط العليا اطول ( الشكل ٦ - ٣ ، ب ) ، اذا لم تتغير زاوية الانحراف القصوى في الاعلى والاسفل .

ويمكن تصحيح « الظلال » وتشوه « شبه المنحرف » بواسطة دوائر كهربائية خاصة . الا ان الايكونوسكوب يتطلب استضاءة شديدة تبلغ ٥٠٠٠ - ١٠٠٠٠ لوكس ( نتيجة للحساسية المنخفضة ) . ولهذا لم يعد يستخدم عمليا ، رغم انه يتمتع بعدة مزايا : قدرة التحليل العالية والضوء الذاتي القليلة والتحويل الجيد لدرجات شدة الضوء واستقرار الاشارة الجيد وعمر الخدمة الطويل .

### البند ٦ - ٣ ايكونوسكوب الصورة

ان هذا الانبوب الذي ابتكره العالمان السوفييتان شماكوف وتيموفيف في عام ١٩٣٣ يمتاز عن الايكونوسكوب بحساسية اعلى كثيرا ، نتيجة لاستخدام مبدأ نقل الصورة ( صورة الشحنات او الجهود ) .  
ويتميز ايكونوسكوب الصورة ، كما هو مبين في الشكل ٦ - ٤ ، باستخدام كاثود ضوئي مصمت شبه شفاف يغطي السطح الداخلي للجدار الامامي للغلاف الزجاجي . ويقابل الكاثود الضوئي في الطرف الاخر للانبوب ( في الجزء الاوسع ) لوح الهدف الذي يتكون من شريحة عازلة غطى وجهها الخلفى بلوح الاشارة المعدني . يوضع في الفراغ الجانبى للغلاف الزجاجي مدفع الكترونات يتم تركيز شعاعه بطريقة التركيز المغنطيسى الكهربائى .  
ويطلى جزء من السطح الداخلي للغلاف الزجاجي بطبقة موصلة من الجرافيت الغرواني تؤدي دور انود لمدفع الالكترونات والكترود معجل للالكترونات الضوئية ومجمع للالكترونات الثانية .



الشكل ٦ - ٤ . تركيب ايكونوسكوب الصورة ودائرة توصيله

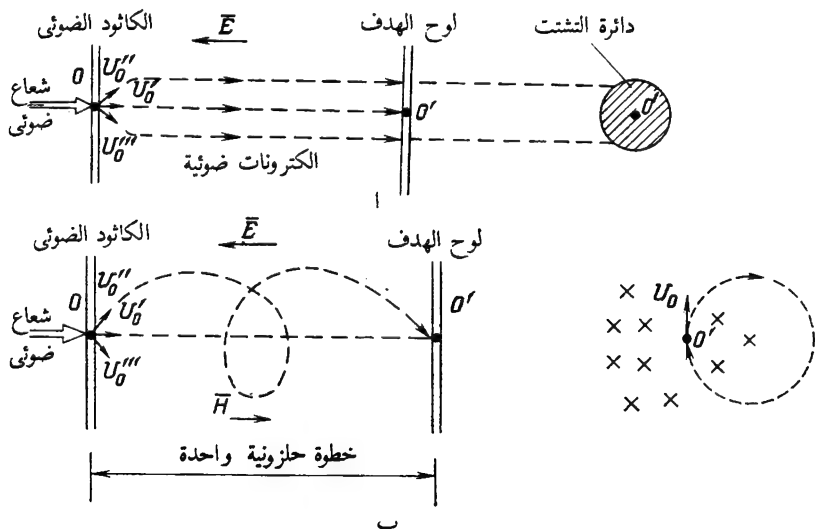
وتركب حول عتق الفرع الجانبى للغلاف الزجاجى ملفات الانحراف والتركيز ، كما يركب حول الجزء الامامى للغلاف ملف التركيز الطويل الذى يتم بواسطته بدون تشويه نقل صورة الشحنات من الكاثود الضوئى الى لوح الهدف .

وعندما تسقط الصورة الضوئية المتلفزة على الكاثود الضوئى شبه الشفاف تنبعث منه الكترونيات يجتذبها المجال المعجل ويوجهها نحو لوح الهدف ، وتصطدم الالكترونات الضوئية بلوح الهدف بعد ان تصبح كبيرة السرعة ، فتنبعث منه الكترونيات ثانوية يتحدد عددها بعدد الالكترونات الضوئية ومعامل الابتعاث الثانوى  $\sigma$  . وطالما ان  $\sigma > 1$  ، لذلك تحصل كل نقطة من نقاط لوح الهدف على شحنة موجبة اكبر بنسبة  $(\sigma - 1)$  من الشحنة (الالكترونات الضوئية) التى تبتعثها النقطة المناظرة من الكاثود الضوئى . وهكذا تكون على لوح الهدف صورة من الشحنات مماثلة لصورة الشحنات التى يبتعثها الكاثود الضوئى ، وتتميز عنها بأن شحناتها مكبرة بنسبة  $(\sigma - 1)$  . وعندما يقوم الشعاع الالكترونى بمسح الهدف يمر بمقاومة الحمل الموصلة بلوح الاشارة تيار يتحدد بجهد العنصر الذى يجرى مسحه (ويتغير جهد كل عنصر اثناء



مسحه حتى يبلغ قيمة ثابتة تساوى جهد التوازن). ويتغير ذلك التيار عند انتقال الشعاع من عنصر الى آخر تبعا لاختلاف جهود هذه العناصر ، فتتكون على مقاومة الحمل فلتية اشارة تناظر صورة الشحنات او الصورة الضوئية المتلفة . وهكذا يتميز ايكونوسكوب الصورة عن الايكونوسكوب بطريقة تكوين صورة الشحنات فقط : فبينما تتكون صورة الشحنات فى الايكونوسكوب بتأثير فوتونات الضوء مباشرة ، تحدثها فى ايكونوسكوب الصورة الالكترونيات الضوئية المعجلة .

اما نقل صورة الشحنات من الكاثود الضوئى الى لوح الهدف ، فهو يتم بواسطة المجال الكهربائى المعجل والمجال المغنطيسى لملف التركيز الطويل . ولو لم يستخدم ملف التركيز الطويل ، فان مسار كل الكترون يخرج من الكاثود الضوئى باتجاه مائل عن محور الانبوب ينحنى ويصبح موازيا لهذا المحور ، مما يؤدى الى ان الالكترونيات التى تخرج من نقطة واحدة من الكاثود الضوئى تسقط على لوح الهدف ضمن دائرة ( الشكل ٦ - ٥ ، أ ) ، بينما ينبغى ان تسقط فى نقطة واحدة لكى لا يسوء بيان تفاصيل الصورة .



الشكل ٦ - ٥ . أ - تشكل دائرة التشتت على لوح الهدف ؛ ب - تركيز الالكترونيات الضوئية بواسطة مجال مغنطيسى منتظم

واذا استخدم ملف تركيز طويل يخلق بين الكاثود الضوئي ولوح الهدف مجالا مغنطيسيا منتظما موازيا لمحور الانبوب ، فان هذا المجال يجعل الالكترونات التي تخرج من الكاثود الضوئي فى اتجاه غير مواز للمحور تتحرك فى خط حلزوني يتحدد قطره وطول خطوته ومدة الخطوة ( الدورة ) حسب العلاقات (4.8) ، (4.9) ، (4.11) . ورغم ان قطر دوران الالكترون يتختلف باختلاف سرعته الابتدائية واتجاهه ، فان كل الالكترونات تدور مرة واحدة خلال نفس المدة وتجتاز بكل دورة نفس الخطوة . ويتحدد طول الخطوة  $S$  طبقا للعلاقة (4.11) بشدة المجال المغنطيسى  $H$  والجهد المعجل  $U_a$  . وتختار قيمة  $U_a$  بحيث يكون معامل الابتعاث الثانوى  $\sigma$  كبير القيمة ، فينبغى اختيار قيمة  $H$  للحصول على طول الخطوة  $s$  اللازمة لكي تعود الالكترونات الخارجة من نقطة واحدة  $O$  من الكاثود الضوئي لتلتقى فى نقطة واحدة ايضا  $O'$  على لوح الهدف ( الشكل ٦ - ٥ ، ب ) ولذلك تضبط قيمة  $H$  بحيث يكون طول الخطوة  $S$  مساويا للمسافة بين الكاثود الضوئي ولوح الهدف . ويمتاز ايكونوسكوب الصورة عن الايكونوسكوب البسيط بحساسية اعلى نتيجة لما يلى :

١ - يستفاد من التدفق الضيائي الساقط على الكاثود الضوئي استفادة كاملة لان الكاثود الضوئي مصمت وليس فسيفسائيا (موزاييك) .

٢ - يستفاد من الابتعاث الكهروضوئى استفادة تامة لان المجال المعجل الموجود بين الكاثود الضوئي ولوح الهدف يجتذب جميع الالكترونات الضوئية نحو لوح الهدف .

٣ - تكبير شحنات صورة الشحنات المتكونة على لوح الهدف نتيجة للابتعاث الثانوى بتأثير الالكترونات الضوئية المعجلة .

ويمتاز ايكونوسكوب الصورة ايضا بانه يتيح استخدام عدسات ذات ابعاد بؤرية قصيرة لان الكاثود الضوئي الذى يجب ان تسقط عليه الصورة الضوئية يغطى الجدار الامامى للغلاف الزجاجى مباشرة .

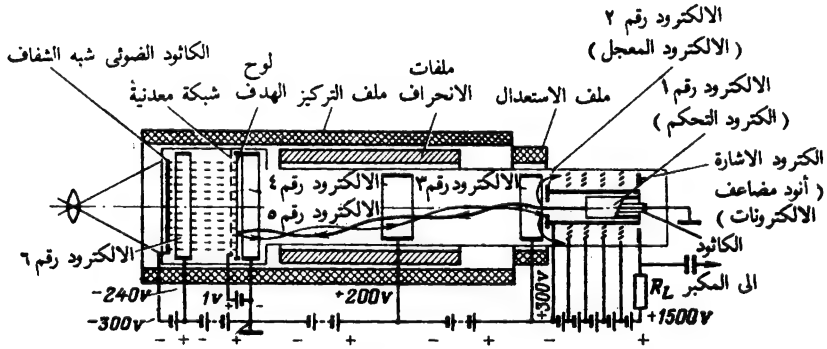
الا ان ايكونوسكوب الصورة اسوأ نوعا ما من الايكونوسكوب من حيث قدرة التحليل ، اذ ان عدم انتظام مجال ملف التركيز الطويل لا يسمح بتركيز صورة الشحنات تركيزا جيدا على لوح الهدف الا فى جزئه الاوسط . ويتطلب

هذا الحد من مساحة الصورة المتكونة على لوح الهدف ، مما يمنع من زيادة حساسية ايكونوسكوب الصورة زيادة كبيرة بالنسبة الى الايكونوسكوب . ومن عيوب ايكونوسكوب الصورة انه كالايكونوسكوب يسبب ظاهرة « الظلال » وتشوه « شبه المنحرف » .

وقد حدثت هذه العيوب من نطاق استخدام ايكونوسكوب الصورة ، كما حدثت من نطاق استخدام الايكونوسكوب ، رغم ان حساسية ايكونوسكوب الصورة تكفى للعمل فى ظروف الاضاءة الطبيعية (يعمل جيدا لارسال اشياء شدة استضاءتها ٥٠٠ - ١٥٠٠ لوكس) .

## البند ٦ - ٤ اورثيكون الصورة

١ - خصائص اورثيكون الصورة : ان اهم عيوب ايكونوسكوب الصورة والايكونوسكوب ( « الظلال » وتشوه « شبه المنحرف » ) ناتجة عن مسح صورة الشحنات بواسطة حزمة الكترونات عالية السرعة يميل اتجاهها بزاوية حادة



الشكل ٦ - ٦ . تركيب اورثيكون الصورة

عن لوح الهدف (او الموزاييك) . ولذلك تم ابتكار الاورثيكون واورثيكون الصورة اللذين يستخدمان للمسح حزمة الكترونات منخفضة السرعة تسقط عموديا على لوح الهدف . ويمتاز اورثيكون الصورة عن الاورثيكون باستخدام مبدأ نقل الصورة .

ويتميز اورثيكون الصورة بان مسح صورة الشحنات المتكونة على لوح الهدف يتم من جهة معاكسة للجهة التي تسقط منها الالكترونات الضوئية . وقد تقدم بهذه الفكرة فى عام ١٩٣٨ العالم السوفيتى براودى . ويستخدم داخل اورثيكون الصورة مضاعف الكترونات متعدد المراحل يجعله فائق الحساسية .

٢- تركيب اورثيكون الصورة : يتكون الغلاف الزجاجى لاورثيكون الصورة ( الشكل ٦-٦ ) من جزئين اسطوانيين ، احدهما اكبر قطرا من الاخر . ويغطى السطح الداخلى للجدار الامامى للجزء الاوسع بالكاثود الضوئى شبه الشفاف . ويركب داخل الجزء الضيق مدفع الالكترونات ومضاعف الالكترونات .

ويشمل مدفع الالكترونات الكاثود ( الثرميونى ) والالكترود رقم ١ ( الكتروود التحكم ) والالكترود رقم ٢ ( الالكترونات المعجل والحاجب ) . وتوجد فى مركز الالكترونود رقم ٢ فتحة ضيقة جدا ، تخرج منها حزمة الكترونات رفيعة جدا . ويتم تخفيض سرعة هذه الحزمة تدريجيا بواسطة المجال الذى تخلقه الالكترونودات الحلقية \* رقم ٣ ، رقم ٤ ، رقم ٥ .

ويوجد فى الجزء الواسع للانبوب ، بين الكاثود الضوئى والالكترود رقم ٥ ، الالكترونود رقم ٦ ( الالكترونات المعجل للالكترونات الضوئية ) ولوح الهدف . ويصنع هذا اللوح من الزجاج ويبلغ سمكه حوالى ٥ ميكرون وقطره حوالى ٤٠ مم . وتوضع امام لوح الهدف على بعد يبلغ حوالى ٥٠ ميكرون شبكة معدنية متناهية الدقة تحتوى على حوالى ١٥٠٠ ثقب فى كل مليمتري مربع . ويسلط على هذه الشبكة جهد موجب يبلغ حوالى ١ فولط . ويتألف مضاعف الالكترونات من ٤-٥ دينودات تتركب حول مدفع الالكترونات . وكل دينود هو عبارة عن قرص تم تشقيقه الى عدد كبير من ريشات مائلة تشبه بترتيبها ريشات المروحة . وتوضع امام كل دينود شبكة معدنية تثبت على

---

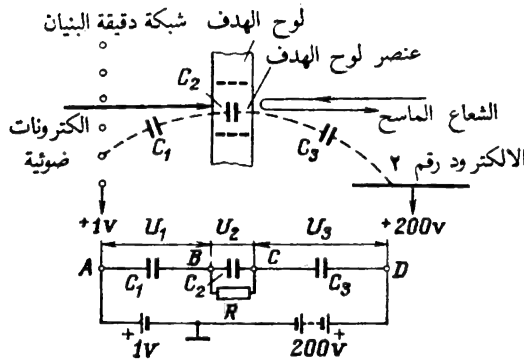
\* قد يكون الالكترونود الاوسط ( رقم ٤ ) عبارة عن طبقة موصلة يطلى بها السطح الداخلى لعنق الانبوب .

ريشاته وتركز عليها الالكترونات الساقطة عليها .. ويوجد خلف آخر دينود الانود الذى هو عبارة عن قرص يقوم بجمع الالكترونات الثانوية ، وتوصل به مقاومة الحمل . وتركب حول غلاف الانبوب ملفات الانحراف وملف التركيز الطويل وملف قصير يسمى ملف التصحيح او الاستبدال ويستخدم هذا الملف لجعل اتجاه الشعاع مطابقا (محاذيا) لاتجاه محور ملف التركيز ، طالما ان تركيب مدفع الالكترونات عند صنع الانبوب لا يتم بدقة كافية . ويمكن تصحيح (استبدال) اتجاه الشعاع بضبط التيار المار فى ملف التصحيح او بضبط وضعه بالنسبة الى محور الانبوب .

٣- عمل الانبوب : يمكن شرح عمل اورثيكون الصورة بتقسيمه الى ثلاثة اقسام : قسم الصورة وقسم المسح وقسم مضاعف الالكترونات .  
أ- قسم الصورة : تسقط العدسة الشيئية صورة الشئ المتلفز على الكاثود الضوئى شبه الشفاف فتتحول الصورة الضوئية الى صورة كهربائية (صورة شحنات) ، تنقل بتأثير المجال المعجل الى الوجه الامامى للوح الهدف . ويتم نقل الصورة بدون تشويه بواسطة ملف التركيز الطويل . وتصادف الالكترونات الضوئية فى طريقها نحو لوح الهدف الشبكة المعدنية التى تمتص حوالى نصف تلك الالكترونات . وتشكل الشبكة على لوح الهدف «ظلا» لا يسى الى الصورة ، لان شعيرات الشبكة وفتحاتها دقيقة جدا ، لدرجة ان الشعاع الالكترونى الماسح يغطى فى نفس الوقت عشرات من خلايا ذلك «الظل» (مع ان قطر الشعاع هو اجزاء من عشرة من المليمتر) .

ويؤدى اصطدام الالكترونات الضوئية بالوجه الامامى للوح الهدف الى ابتعائه لالكترونات ثانوية تلتقطها الشبكة المعدنية لانها موجبة الجهد . وتفقد كل نقطة من نقاط لوح الهدف عددا من الالكترونات يتناسب مع عدد الالكترونات الضوئية الساقطة عليها . وهكذا تتكون على الوجه الامامى للوح الهدف صورة «موجبة» من الشحنات ، لان شحنة (جهد) كل نقطة من نقاطه تتناسب مع استضاءة النقطة المناظرة من نقاط الكاثود الضوئى . وطالما ان الشبكة المعدنية تجتذب جميع الالكترونات الثانوية المنبعثة من لوح

الهدف ، فهي بذلك تمنع من تشكل شحنة فراغ . ولذلك يتميز اورثيكون الصورة بصورة شحنات اكثر تباينا ، مما يساعد على رفع حساسيته . وينبغي ان تنتقل صورة الشحنات من السطح الامامى للوح الهدف الى السطح الخلفى الموجه نحو مدفع الالكترونات . ويمكن ان يتم ذلك بواسطة الحث الكهربائى على النحو التالى ( الشكل ٦ - ٧ ) :



الشكل ٦ - ٧ . رسم يوضح تشكل صورة الشحنات على لوح الهدف بخطين منقطتين

يؤدى انبعاث الالكترونات الثانوية من الوجه الامامى لاي عنصر من عناصر لوح الهدف الى حصوله على شحنة تسبب ظهور فرق جهد  $U_1$  على السعة  $C_1$  ( السعة بين الوجه الامامى للعنصر والارض او الشبكة المعدنية الموصلة بالارض عن طريق منبع + ١ فولط ) . وتنقسم الفلطية  $U_1$  الى فلطية  $U_2$  على السعة  $C_2$  ( السعة بين وجهى العنصر ) وفلطية  $U_3$  على السعة  $C_3$  ( السعة بين الوجه الخلفى للعنصر والارض ، اى السعة بينه وبين الالكترونود رقم ٤ الموصل بالارض عن طريق منبع الفولطية + ٢٠٠ فولط ، والالكترونودات الاخرى المجاورة للوجه الخلفى للوح الهدف ) . وطالما ان  $C_2 \gg C_1$  ، لذلك  $U_2 \approx U_1$  ،  $U_2 \ll U_3$  ، اى ان جهد الوجه الخلفى لكل عنصر  $(U_3)$  يصبح مساويا لجهد وجهه الامامى  $(U_1)$  .

ولكن انتقال صورة الشحنات من الوجه الامامى للوح الهدف الى وجهه الخلفى يتم عمليا عن طريق الحث الكهربائى ( عن طريق سعة لوح الهدف )

وعن طريق الموصلية فى نفس الوقت ، لان لوح الهدف يصنع من زجاج شبه موصل رقيق جدا . ويجب ان تكون مقاومة كل عنصر من عناصر لوح الهدف ( فى الاتجاه العمودى على سطح لوح الهدف ) صغيرة نسبيا الى درجة كافية ، حتى يتم انتقال شحنة كل عنصر الى وجهه الخلفى قبل مجئ الشعاع لمسح هذا العنصر ( ولهذا ينبغى ان يكون الثابت الزمنى  $RC_2$  اصغر كثيرا من فترة مسح الصورة كلها ) .

ب - قسم المسح : ان حزمة الالكترونات الرفيعة التى يولدها مدفع الالكترونات تخرج من فتحة الالكترونود المعجل ( رقم ٢ ) بسرعة يحددها جهد هذا الالكترونود ( ٣٠٠ فولط ) ثم تقل سرعتها تدريجيا فى مجال الالكترونودات رقم ٣ ، رقم ٤ ، رقم ٥ . وطالما ان الجهد المسلط على الالكترونود رقم ٥ يساوى الصفر ، لذلك تتباطأ حزمة الالكترونات حتى تقف عند لوح الهدف .

واذا لم يكن الكاثود الضوئى مضاء ، فان لوح الهدف لا يكون مشحونا ( لا توجد صورة شحنات ) ، ولذلك تعود حزمة الالكترونات بعد توقفها عند لوح الهدف فتتحرك كلها نحو مدفع الالكترونات متساوية بتأثير مجال الالكترونودات رقم ٥ ، رقم ٤ ، رقم ٣ ( لان المجال المبطل للحزمة الماسحة هو مجال معجل للحزمة العائدة ) . وفى هذه الحالة تكون كمية الالكترونات المنعكسة عن لوح الهدف مساوية لكمية الالكترونات المتجهة نحوه .

اما اذا كان الكاثود الضوئى مضاء ، فان نقاط لوح الهدف تكون مشحونة بشحنات مختلفة مشكلة صورة شحنات مماثلة لصورة توزع النصوص على الشئ المتلفز . وعندما يقوم شعاع الالكترونات البطيئة بمسح لوح الهدف ، ترسو كمية من الكترونات الشعاع على النقاط التى يجرى مسحها لتعادل شحنتها الموجبة ، وتعود من الكترونات الشعاع كمية تختلف نسبتها باختلاف شحنات نقاط لوح الهدف . وهكذا تكون كمية حزمة الالكترونات المنعكسة عن لوح الهدف معدلة تعديلا سلبا ( تقل كلما زادت شدة ضوء الصورة المتلفزة فى النقطة المناظرة للنقطة التى يجرى مسحها ، لان كمية الالكترونات التى ترسو على لوح الهدف تزيد كلما زاد جهد النقطة التى يجرى مسحها ) .

ويستخدم الشعاع الإلكتروني العائد (المنعكس عن لوح الهدف) ، بعد تكبيره بواسطة مضاعف الإلكترونات ، كتيار إشارة يمر بمقاومة الحمل ، لتتكون عليها فلطية الإشارة . وطالما ان تيار الشعاع العائد معدل تعديلا سالبا من حيث الشدة ، فان فلطية الإشارة ( جهد انود مضاعف الإلكترونات ) تعدل تعديلا موجبا .

ويتم تركيز حزمة الإلكترونات الماسحة على لوح الهدف ، كما يتم تركيز الشعاع العائد على الدينود الاول لمضاعف الإلكترونات بواسطة المجال المغنطيسي لملف التركيز الطويل والمجال الكهربائي للالكترودات رقم ٣ ، رقم ٤ ، رقم ٥ .

وكما سبق ان بينا في الفصل الرابع ، تتحرك الإلكترونات في حالة وجود مجالين كهربائي ومغنطيسي في خطوط حلزونية ، تدور حول خطوط المجال المغنطيسي . واذا كان جهد المجال الكهربائي منخفضا وشدة المجال المغنطيسي مرتفعة فان خطوات المسار الحلزوني تكون قصيرة جدا .

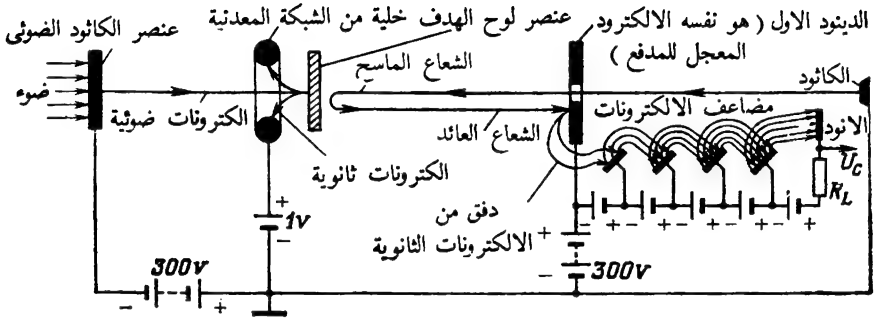
وينبغي ضبط جهد المجال الكهربائي وشدة مجال التركيز المغنطيسي بحيث تكون المسافة بين الالكترود المعجل (رقم ٢) ولوح الهدف مساوية عددا صحيحا (عادة ثلاث) من خطوات المسار الحلزوني .

وتتحرك حزمة الإلكترونات في المجال المغنطيسي لملفات لانحراف بوجود المجال الكهربائي والمجال المغنطيسي لملف التركيز الطويل في مسار حلزوني ينحرف بعد الدخول الى مجال الانحراف والخروج منه بحيث يعود محور هذا المسار ليصبح موازيا لمحور الانبوب (تدور الإلكترونات بعد خروجها من مجال الانحراف حول خطوط مجال ملف التركيز) . وهكذا يتم سقوط حزمة الإلكترونات الماسحة عموديا على لوح الهدف ، لتنعكس عنه عموديا ايضا وتحرك في مسار حلزوني عكسي مشابه تقريبا .

ج) مضاعف الإلكترونات : تتسارع حزمة الإلكترونات العائدة بتأثير مجال الالكترودات رقم ٥ ، رقم ٤ ، رقم ٣ ، ثم تسقط على الالكترود رقم ٢ الذي يستخدم في نفس الوقت كالكترود معجل (حاجب) في مدفع الالكترودات وكاول دينود لمضاعف الإلكترونات (الشكل ٦ - ٨) . ويعالج



سطح هذا الالكترود معالجة خاصة للحصول على قيمة كبيرة لمعامل الابتعاث الثانوى  $\sigma$  . ويجتذب الدينود رقم ٢ الالكترونات الثانوية التى يبعثها الدينود رقم ١ ( الالكترود رقم ٢ ) ، فينعطف مسارها حول مدفع الالكترونات وتنتجه نحو ريشات الدينود رقم ٢ ، لتخرج منها الكترونات ثانوية جديدة ، تتجه



الشكل ٦ - ٨ . حركة الالكترونات داخل اورثيكون الصورة

نحو الدينود رقم ٣ ، وهكذا يستمر تكبير حزمة الالكترونات حتى تصل الى الانود . ويجمع الانود الحزمة المكبرة ليتكون منها تيار يمر بمقاومة الحمل التى تسحب منها فلتية الاشارة .

واذا كان مضاعف الالكترونات مؤلفا من ٤ - ٥ مراحل ، فانه يسمح بتكبير تيار الاشارة ٥٠٠ - ١٠٠٠ مرة ، فيصبح مستواها اعلى كثيرا من مستوى ضوءاء المكبر الصمامى . وهكذا يمكن استخدام اورثيكون الصورة لتلفزة استضاءات ضعيفة جدا .

وتوضع امام دينودات مضاعف الالكترونات شبكات تركيز تخلق مجالا معجلا للالكترونات الساقطة على ريشاتها ، وتوجه الالكترونات الثانوية المنبعثة منها نحو الدينود التالى .

٤ - مزايا وعيوب اورثيكون الصورة ومجال استخدامه : يمتاز اورثيكون الصورة بحساسية عالية جدا تقارب حساسية عين الانسان ، كما يمتاز بأنه لا يسبب تشوهات « شبه المنحرف » ويعمل تقريبا بلا « ظلال » .

ومن عيوب اورثيكون الصورة انه معقد التصميم وعسير الضبط ويولد ضوضاء كبيرة المستوى ( نتيجة للتغيرات العشوائية فى الشعاع الماسح . ذى السرعة المنخفضة ) . ويستخدم اورثيكون الصورة على نطاق واسع جدا لتلفزة المناظر الحية فى ظروف الاضاءة الطبيعية وفى الاستوديوهات التلفزيونية .

## البند ٦ - ٥ الفيديوكون

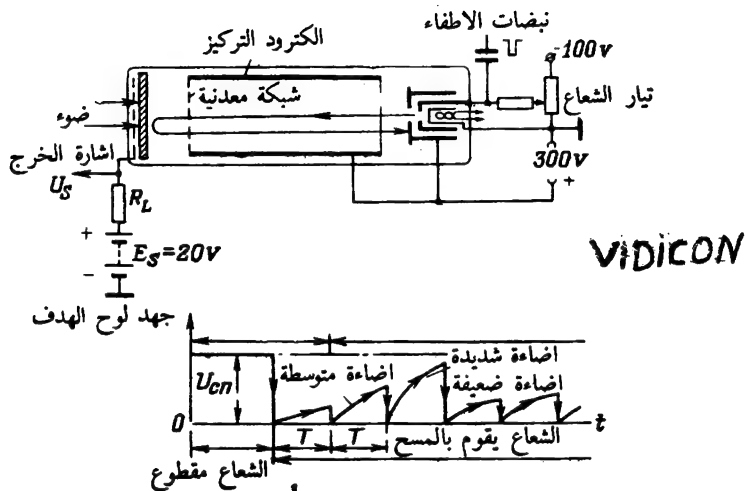
تقدم الاكاديمى السوفيتى تشيرنيشوف فى عام ١٩٢٥ بفكرة ايجاد انبوب تصوير تلفزيونى يستخدم الموصلية الكهروضوئية . وتم ابتكار مثل هذا الانبوب فى عام ١٩٥٠ . وقد تبين ان الموصلية الكهروضوئية تسمح بايجاد انابيب تصوير تلفزيونى صغيرة الحجم وبسيطة التصميم وعالية الحساسية . وتصنف انابيب التصوير التلفزيونى التى تعمل بالموصلية الكهروضوئية الى انابيب تستخدم لوح هدف على المقاومة وانابيب تستخدم لوح هدف منخفض المقاومة .

وتتميز الانابيب التى تستخدم لوح هدف على المقاومة بانها تحقق مبدأ تخزين الضوء ، وتستخدم عمليا على نطاق واسع . ويطلق على مثل هذه الانابيب فى اغلب البلدان اسم « الفيديوكون » .

اما الانابيب التى تعمل بلوح هدف ذى مقاومة منخفضة ، فهى لا تحقق مبدأ تخزين الضوء ، ولم تخرج بعد الى حيز الاستخدام العملى . ويمكن ان يعمل الفيديوكون بشعاع ماسح مرتفع السرعة ، او بشعاع منخفض السرعة ، تبعا للجهود الكهربائية التى تسلط على الكترونات . وتستخدم عادة حالة المسح بشعاع منخفض السرعة ، لان الفيديوكون فى هذه الحالة اكثر حساسية واطول عمرا ولا يسبب « ظلالات » ، رغم انه يمتاز فى حالة المسح بشعاع مرتفع السرعة بدقة تحليل أعلى ويسمح بمدى اكبر لتغير شدة الاستضاءة .

١ - تركيب الفيديوكون : يتكون ( الشكل ٦ - ٩ ) من غلاف زجاجى اسطوانى الشكل ، يغطى السطح الداخلى لجداره المستوى بشريحة معدنية

شبه شفافة تقوم بدور لوح الاشارة وتتصل بحلقة معدنية تلحم مع الجدار الامامى والجدار الاسطوانى للغلاف ، كما تغطى الشريحة المعدنية بشريحة رقيقة شبه موصلة (من ثالث كبريتيد الانتيمون مثلا) تقوم بدور اللوح الحساس للضوء . ويوصل لوح الاشارة عن طريق مقاومة الحمل  $R_L$  بالقطب



الشكل ٦ - ٩ . تركيب الفيديكون وتغير جهد لوح الهدف فى حالة المسح بحزمة الكترونات بطيئة (الحالة  $\sigma < 1$ )

الموجب لمنبع فلطية مستمرة  $E_S$  تبلغ عشرات الفولطيات ( عندما يعمل الفيديكون فى حالة المسح بشعاع منخفض السرعة ) .

ويتألف مدفع الالكترونات من الكاثود والكترود التحكم والكترود المعجل والكترود التركيز . وقد يكون الكترود التركيز عبارة عن اسطوانة معدنية طويلة ، او طبقة موصلة من الجرافيت الغروانى تغطى السطح الداخلى للانبوب . ويستخدم احيانا الكترودان للتركيز ، بحيث يسلط على الالكترود الاقرب الى لوح الهدف جهد ذو شكل موجى معين من اجل تحسين تركيز الشعاع الماسح عند الاطراف . ويتصل الكترود التركيز بنهايته القريبة من لوح الهدف بشبكة معدنية دقيقة الشعيرات والفتحات تجعل المجال الكهربائى منتظما بقرب لوح الهدف .

وتركيب حول الانبوب ملفات الانحراف وملف التركيز الطويل .

٢ - عمل الفيد يكون ( ذى الشعاع منخفض السرعة ) : لنمثل كل عنصر

من عناصر لوح الهدف شبه الموصل بمقاومة  $R$  توصل معها على التوازي سعة  $C$  . وتتحدد شحنة وفلطية السعة  $C$  تبعاً لتأثير الشعاع الماسح وشدة الاستضاءة . وإذا كان الشعاع الماسح مقطوعاً ، فإن جهد سطح لوح الهدف ( $U_1$ ) الموجه نحو مدفع الكترونات يكون مساوياً لجهد لوح الإشارة  $E_2$  (بفضل موصلية لوح الهدف) ، وتكون السعة  $C$  غير مشحونة .

وعندما يقوم شعاع منخفض السرعة بمسح لوح الهدف ، ترسو الكترونات الشعاع على سطح العنصر الذى يجرى مسحه فينخفض جهده  $U_1$  حتى يصبح مساوياً للصفر ( جهد التوازن فى الحالة  $1 < \sigma$  ، كما مبين فى البند ٥ - ٢ ) . وفى هذه الحالة تنشحن سعة العنصر  $C$  الى فرق جهد يساوى جهد لوح الإشارة  $E_2$  . وبعدما يتعد الشعاع عن العنصر الذى كان يمسه يجرى تفريغ السعة  $C$  بسرعة تحددها المقاومة  $R$  ( يحددها الثابت الزمنى  $RC$  ) وطالما ان المقاومة  $R$  تقل كلما زادت شدة الاضاءة ، لذلك تزداد سرعة تفريغ السعة  $C$  كلما كانت الاضاءة اشد . وعندما يعود الشعاع لمسح نفس العنصر ( بعد فترة تساوى فترة مسح الصورة كلها ) تكون السعة  $C$  قد فرغت شحنة تزيد كلما زادت شدة استضاءة ذلك العنصر . وهكذا يصبح جهد سطح العنصر الموجه نحو مدفع الالكترونات ( $U_1$ ) قبيل مسحه اكبر ( اقرب الى جهد لوح الإشارة  $E_2$  ) ، كلما كانت استضاءته اشد ( الشكل ٦ - ٨ ، ب ) وعندما يقوم الشعاع بمسح ذلك العنصر مرة ثانية ، يشحن السعة  $C$  حتى يصبح الجهد  $U_1$  مساوياً للصفر ، فنمر فى مقاومة الحمل نبضة تيار تتناسب شدته مع الشحنة التى تحصل عليها السعة  $C$  ، فتزداد كلما زاد جهد العنصر  $U_1$  قبيل مسحه . وهكذا تنتج عن مسح لوح الهدف كله عنصراً عنصراً نبضات تيار متتالية تسبب مرورها فى مقاومة الحمل هبوط جهد يتناسب معها . وهكذا تقل فلطية الإشارة  $U_2$  كلما زاد جهد العنصر  $U_1$  الذى يجرى مسحه ، أى تقل ، كلما زادت شدة الاستضاءة . وبهذا تكون فلطية الإشارة ذات قطبية سالبة .

٣ - مزايا وعيوب الفيديو ومجال استخدامه : ان اهم مزايا الفيديو هي حساسيته العالية ، وبساطة تصميمه ، وسهولة ضبطه ، وصغر حجمه ، وامكانية استخدامه لتلفزة الصور المضاعفة بشتى الاشعاعات الطيفية : الاشعاع المرئى ، الاشعاع تحت الاحمر ، الاشعاع فوق البنفسجى ، وحتى اشعة اكس . ويمتاز الفيديو بحساسية عالية لا تفوقها الا حساسية اورتىكون الصورة . ويغلب الفيديو ببساطة تصميمه وسهولة ضبطه جميع انواع انابيب التصوير التلفزيونى . وتكفى لضبط الكاميرا التى تعمل بالفيديو ثلاثة ضوابط هي : « تيار الشعاع » ، « تركيز الشعاع » ، و « جهد لوح الاشارة » . ويكفى اثناء الارسال ضبط « تيار الشعاع » و « جهد لوح الاشارة » فقط . اما الكاميرات التى تعمل بانابيب تصوير من انواع اخرى ، فهى تتطلب ٤ - ٦ ضوابط .

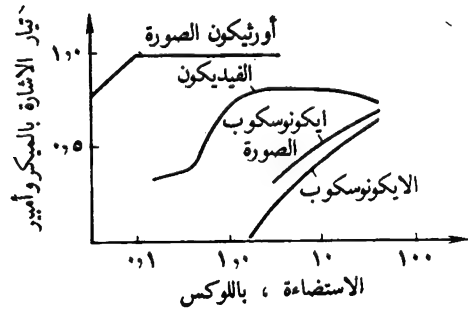
ولكن الفيديو يتصف بعيب هام هو المداومة او التخلف . ويحد هذا العيب من امكانية استخدام الفيديو لارسال صور الاشياء المتحركة بسرعة كبيرة . ويظهر التخلف على الصورة على شكل « اهداب » تلحق بالاشياء المتحركة فتسبب انخفاض التباين وتسمى الى بيان تفاصيل الصورة . ويمكن ان ينتج التخلف فى الفيديو عن القصور الذاتى للموصلية الكهروضوئية ( تخلف تغيراتها عن تغيرات الاستضاءة ) والقصور الذاتى لعملية معادلة جهد لوح الهدف اثناء مسحه .

وينتج التخلف فى الفيديو كنوات العصرية عن عملية المسح فقط . ويمكن سبب القصور الذاتى لهذه العملية فى ان مادة لوح الهدف ذات ثابت عزل كبير ( قيمته ٦ - ١٠ ) ، بينما لا يتعدى سمك لوح الهدف ١٠ ميكرون ، بحيث تكون سعة كل عنصر من عناصر لوح الهدف ( فى الفيديو ذى القطر المساوى بوصة واحدة ) حوالى ١,٠ بىكوفاراد . وهذه السعة كبيرة لدرجة ان الشعاع الماسح لا يستطيع ان يشحنها شحنا كاملا اثناء فترة مسح العنصر . ويتم تعادل جهد اى عنصر من عناصر لوح الهدف بعد مسحه عدة مرات . ولو استخدم لوح هدف ذو سمك كبير ، لثم امتصاص الضوء فى طبقاته

السطحية ، بحيث يبقى الجزء الاساسى للوح الهدف غير متأثر بالضوء ، فيقوم بدور مقاومة كبح تقلل من حساسية الفيديو .  
وينبغى ان تكون المقاومة النوعية للوح الهدف حوالى ١١٠ - ١٣١٠ اوم/سم ، لانها لو كانت اكبر او اقل ، فان تفريغ سعات عناصر لوح الهدف يتم ببطء شديد او بسرعة كبيرة ، مما يقلل من تباين جهود عناصر لوح الهدف (صورة الشحنات) وينقص بالتالى اتساع اشارة الخرج .  
ويمكن تقليل تخلف الفيديو عمليا بزيادة شدة الاستضاءة . وهكذا تم تخفيف اثر التخلف تماما بتوفير استضاءة تبلغ ٢٠٠٠ لوكس (على لوح الهدف) عند استخدام الفيديو لتلفزة الافلام السينمائية .  
ويستخدم الفيديو على نطاق واسع فى الاذاعة التلفزيونية (لتلفزة الافلام) وفى شتى مجالات التلفزيون (فى الدوائر التلفزيونية المغلقة) بفضل مزاياه الكثيرة .

## البند ٦-٦ فكرة عن المنحنيات الضوئية التحويلية

ان المنحنى المميز الضوئى التحويلي لانبوب التصوير التلفزيونى هو المنحنى الذي يمثل العلاقة بين تيار الاشارة وشدة امتضاءة اللوح الحساس للضوء ، فيعطى تقييما كميا لتحويل الصورة الضوئية الى اشارة كهربائية .  
ويبين الشكل ٦-١٠



المنحنيات الضوئية التحويلية لبعض طرازات انابيب التصوير السوفيتية الصنع . ويتضح من هذا الشكل ان اقل الانابيب حساسية هو الايكونوسكوب واكثرها حساسية هو اورثيكون الصورة . ويبدأ المنحنى

الشكل ٦-١٠ . المنحنيات التحويلية الضوئية لانبوب التصوير التلفزيونى

التحويلى للايكونوسكوب عند استضاءة لوح الهدف بمقدار لوكس واحد تقريبا ، بينما يبدأ المنحنى التحويلى لاورثيكون الصورة عند حوالى جزء من الف من اللوكس . ولكن مدى تغير الاستضاءة الذى يسمح به اورثيكون الصورة محدود نسبيا ، اذ ان تيار اشارته يصل الى الاشباع ( الى قيمة لا يتعداها ) عند ٠,١ لوكس تقريبا . ويفسر هذا بأن زيادة شدة الاستضاءة الى هذا الحد تؤدي الى زيادة جهد لوح الهدف حتى يصبح مساويا لجهد الشبكة المعدنية الموجودة امامه ، فلا يعد باستطاعتها ان تجتذب الالكترونات الثانوية المنبعثة منه . واذا تعدت شدة الاستضاءة ذلك الحد تجبر الشبكة المعدنية جزءا من الالكترونات الثانوية على العودة الى لوح الهدف . واذا كانت شدة الاستضاءة المناظرة لاحدى نقاط لوح الهدف اعلى كثيرا من حد الاشباع ، فان كمية كبيرة من الالكترونات الثانوية التى تبتعثها تعود اليها والى النقاط المحيطة بها ، مما يؤدي الى ظهور حالة حول النقطة المناظرة لها فى الصورة المعاد انتاجها . ولذلك ينبغى ضبط شدة استضاءة لوح الهدف بحيث لا تتعدى كثيرا حد الاشباع ، مما يحد من المدى الديناميكي (مدى تغير شدة الاستضاءة) لاورثيكون الصورة .

## البند ٦ - ٧ المونوسكوب

المونوسكوب هو انبوب شعاع الكترونى ذو لوح هدف من مادة معينة ( كالالومنيوم ) ، رسمت ( طبعت ) على سطحه صورة ثابتة من مادة أخرى ( كالجرافيت ) تختلف بمعامل الابتعاث الثانوى . وعندما يقوم شعاع المونوسكوب بمسح لوح هدفه ، تتولد اشارة مناظرة للصورة التى طبعت على هذا اللوح . ويستخدم المونوسكوب عادة لتوليد اشارة صورة الاختبار التلفزيونية .

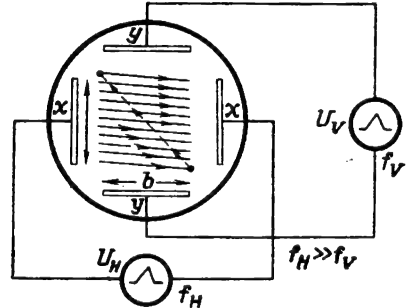
## الفصل السابع

# المسح التلفزيوني وطيف الاشارة التلفزيونية

### البند ٧-١ المسح التقدمي

ان المسح التقدمي (المتتالي) هو ابسط اشكال المسح التلفزيوني . وهو يجرى في حالة الانحراف الالكتروستاتي على النحو التالي :

تسلط على لوحى الانحراف الافقى  $H$  فلطية سن المنشار  $U_H$  من مولد الانحراف الافقى ذى التردد  $f_H$  (الشكل ٧-١) . وبتأثير هذه الفلطية يتحرك الشعاع الالكتروني بسرعة ثابتة من اليسار الى اليمين (وبهذا يقوم بالمسح الافقى الفعال) ، ثم يرجع بسرعة كبيرة من اليمين الى اليسار (وهكذا يتم الرجوع او الارتداد الافقى) .



وتسلط على لوحى الانحراف

الرأسى  $V$  فلطية سن المنشار  $U_V$  من مولد الانحراف الرأسى ذى التردد  $f_V$  . وبتأثير هذه الفلطية يهبط الشعاع

الشكل ٧-١ . تكوين الهيكل الخطى على شاشة انبوب اشعة الكاثود في حالة الانحراف الالكتروستاتي

تدرجيا من الاعلى الى الاسفل (وبهذا يقوم بالمسح الرأسى الفعال) ، ثم يرتفع بسرعة الى الزاوية العليا اليسرى (وهكذا يتم الارتداد الرأسى) .

وطالما ان تردد المسح الافقى اعلى كثيرا من تردد المسح الرأسى ( $f_H \gg f_V$ ) ، تتكون على الشاشة شبكة مستطيلة الشكل، من خطوط مضبوطة

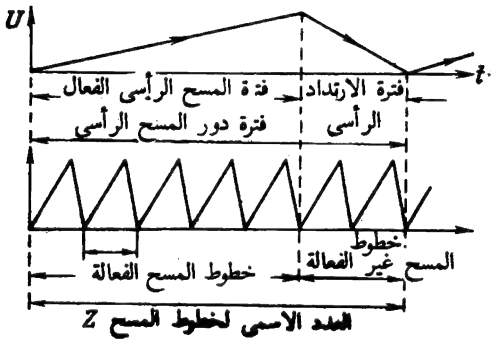


متوازية وافقية تقريبا ، تسمى الهيكل الخطي ( او الراستر ) . وتسمى نسبة عرض الهيكل الخطي  $b$  الى ارتفاعه  $h$  نسبة الشكل  $K$  :

$$K = \frac{b}{h}$$

ولما كان الشعاع الالكتروني ينزل تدريجيا ببطء اثناء المسح الرأسى الفعال ، فان خطوط المسح المتجهة من اليسار الى اليمين تميل نحو الاسفل ميلا غير ملحوظ عمليا .

ويفترض فى الشكل ٧-١ ان فترة الارتداد الرأسى صغيرة جدا . ولكنها فى الواقع اكبر من فترة المسح الافقى بعدة مرات ( الشكل ٧-٢ ) .



ولذلك ينتقل الشعاع من اليمين الى اليسار ومن اليسار الى اليمين عدة مرات اثناء صعوده من الزاوية اليمنى السفلى الى الزاوية اليسرى العليا . و« يرسم » الشعاع اثناء ارتداده رأسيا خطوطا اكثر ميلا من الخطوط التى « يرسمها » فى فترة المسح.

الشكل ٧-٢ . الاشكال الموجية لفلطيات المسح

الرأسى الفعال .

ويتكرر مسح كل اطار ( صورة ) بتعدد  $n$  يساوى فى حالة المسح التقدسى ( المتتالى ) تردد المسح الرأسى  $f_v$  . وتستخدم لارسال الصورة فترة المسح الفعال للاطار ( فترة المسح الرأسى الفعال ) فقط ، ومن ثم تكون خطوط الارتداد الرأسى غير فعالة . ويسمى مجموع عدد الخطوط الفعالة وغير الفعالة العدد الاسمى لخطوط مسح الاطار ( الصورة ) . وهو يساوى عدد مرات المسح الافقى خلال دورة مسح الاطار :

$$Z = \frac{f_H}{n}$$

وفي حالة المسح التقدمي ، حيث  $n = f_v$  :

$$Z = \frac{f_H}{f_v}$$

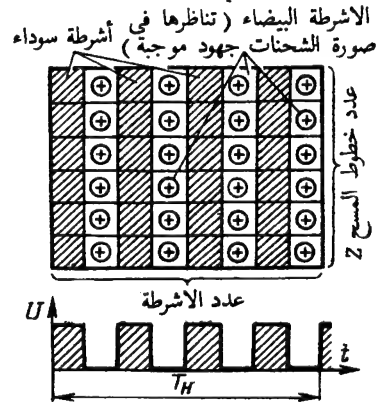
وعلى سبيل المثال ، اذا كان تردد المسح الافقي ٢٠ كيلوهرتز ، وتردد المسح الرأسى ٥٠ هرتز ، فان العدد الاسمى لخطوط المسح هو ٤٠٠ خط .

## البند ٧-٢ الطيف الترددى لاشارة الصورة فى حالة المسح التقدمي

ان حساب وتصميم المنظومات التلفزيونية يتطلب معرفة الطيف ( التركيب ) الترددى للاشارة التلفزيونية ، ويتطلب بالدرجة الاولى تحديد عرض الطيف ، او الترددين الادنى والاقصى لاشارة الصورة .

ويتوقف الطيف التلفزيوني على محتوى الصورة وبارامترات المسح ( عدد الخطوط الاسمى  $Z$  وعدد الاطارات فى الثانية  $n$  ونسبة الشكل  $K$  ) .

لنفترض ان الصورة المسقطة على الكاثود الضوئى لانبوب التصوير التلفزيونى تتألف من اشطة رأسية سوداء وبيضاء ( الشكل ٧-٣ ) . وفى هذه الحالة يولد الانبوب اشارة ( تيار او فلتية ) نبضية ، تتغير قيمتها تبعا لاستضاءة عناصر الكاثود الضوئى . واذا كان عدد الاشطة  $m$  زوجيا ، فان عدد نبضات



الشكل ٧-٣ . الاشارة التلفزيونية المناظرة للاشطة الرأسية السوداء والبيضاء

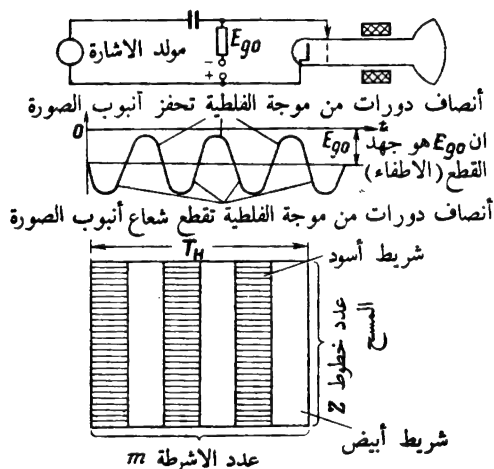
الاشارة المتولدة اثناء فترة المسح الافقى ( $T_H = \frac{1}{f_H}$ ) يكون مساويا  $\frac{m}{2}$  ( فيما اذا اهملنا فترات الارتداد الافقى والرأسى ) . ويتولد اثناء فترة مسح الاطار عدد من النبضات ، اكبر  $Z$  مرة ، ويساوى  $\frac{m}{2} Z$  . ويتولد خلال ثانية واحدة عدد من النبضات اكبر  $n$  مرة ، فيكون تردد تكرار النبضات :

$$f = \frac{m}{2} Z n \quad (7.1)$$

فاذا كان عدد الاشرطة السوداء والبيضاء هو ٢٠ وعدد خطوط المسح ٥٠٠ والتردد الاطاري ٥٠ هرتز ( ٥٠ اطار في الثانية ) ، فان تردد نبضات اشارة الصورة :

$$f = \frac{m}{2} Z n = \frac{20 \cdot 500 \cdot 50}{2} = 250 \text{ kHz}$$

واذا سلطنا على الكترود تحكم انبوب الصورة اشارة نبضية او جيبية ذات تردد مساو  $f = \frac{m}{2} Z n$  ، وذات اتساع كبير لدرجة كافية ، تظهر



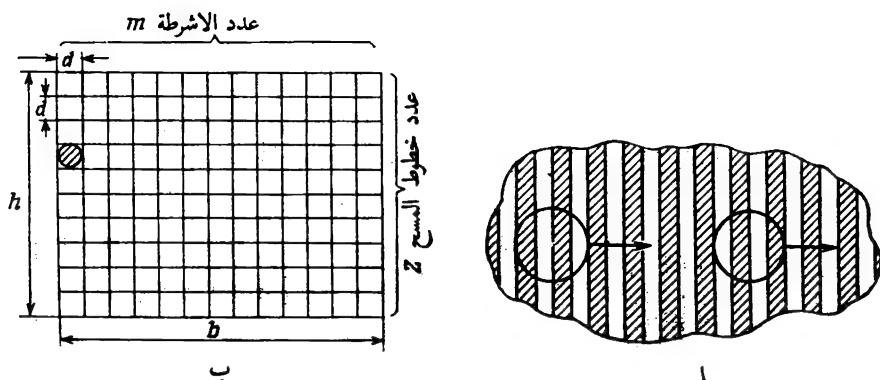
الشكل ٧ - ٤ . الحصول على اشرطة رأسية سوداء وبيضاء ( $f > f_H$ ) على شاشة جهاز تلفزيون

على الشاشة صورة بيضاء وسوداء (الشكل ٧ - ٤) ، عددها يساوى عدد الاشرطة المتلفزة .

وتبين العلاقة (7.1) ان تردد نبضات اشارة الصورة يتناسب طرديا مع عدد الاشرطة  $m$  . فلكي نحدد اقصى قيمة لتردد اشارة الصورة ، يجب ان نجد اقصى عدد للاشرطة  $m_{max}$  .

ان الشعاع الماسح في انبوب التصوير ذو قطر محدود ، ولذا فمن المستحيل زيادة عدد الاشرطة  $m$  الى ما لا نهاية . ولو كان عرض كل تفصيل من تفاصيل الصورة المسقطة على لوح الهدف مساويا تقريبا لقطر الشعاع

او اكبر منه ، فان قيمة اتساع اشارة الصورة ونسبة تباين الصورة المتلفة تنخفضان بشدة ، لان الشعاع الالكتروني « يقرأ » فى كل لحظة عددا متماثلا تقريبا من الاشرطة السوداء والبيضاء ( الشكل ٧ - ٥ ) . ولذلك



الشكل ٧ - ٥ . رسم يوضح حساب العدد الاقصى للاشرطة الرأسية السوداء والبيضاء : فى الحالة (أ) الاشرطة ضيقة جدا ، بحيث « يقرأ » الشعاع الالكتروني فى كل لحظة عددا متساويا من الاشرطة السوداء والبيضاء ؛ وفى الحالة (ب) قطر الشعاع يساوى عرض خط المسح

يعتبر تردد اشارة الصورة فى هذه الحالة كاقصى تردد لها . ويفترض ان قطر الشعاع يساوى ارتفاع كل خط من خطوط المسح . وهكذا يكون العدد الاقصى للاشرطة الرأسية السوداء والبيضاء هو عددها عندما يكون عرض كل شريط  $d$  مساويا ارتفاع خط المسح ، بحيث يكون ذلك العدد :

$$m_{\max} = \frac{b}{d} = \frac{b}{h} Z = KZ$$

واذا كان الاطار مربعا ، فان العدد الاقصى للاشرطة  $m_{\max}$  يساوى عدد خطوط المسح ( $m_{\max} = Z$ ) . وعندما  $K \neq 1$  ، فان  $m_{\max} = KZ$  . ويمثل المربع ذو المساحة  $d^2$  اصغر تفصيل من تفاصيل الصورة يمكن تلفزته بتباين كاف . ولذلك يتحدد العدد الاقصى لتفاصيل ( عناصر ) الصورة حسب العلاقة :

$$N_{\max} = m_{\max}Z = KZ^2$$

فاذا كان  $Z = 625$  ،  $K = \frac{4}{3}$  ، كما فى النظام التلفزيونى الاوروبى ،

نجد :

$$N_{\max} = KZ^2 = \frac{4}{3} \cdot 625^2 \approx 500\,000$$

اى حوالى نصف مليون عنصر .

ولكن العدد الحقيقى لعناصر الصورة اصغر من هذا العدد ، لان عدد

خطوط المسح الفعالة اقل من العدد الاسمى لخطوط المسح .

وطالما ان  $m_{\max} = KZ$  ، يتحدد التردد الاقصى  $f_{\max}$  من العلاقة (7.1)

على الشكل :

$$f_{\max} = \frac{KZ^2}{2} n \quad (7.2)$$

واذا كان عدد الخطوط مساويا ٤٠٠ والتردد الاطارى ٥٠ هرتز ونسبة

الشكل  $\frac{4}{3}$  ، فان التردد الاقصى :

$$f_{\max} = \frac{KZ^2}{2} n = \frac{4}{3} \cdot \frac{400^2}{2} \cdot 50 \approx 5.3 \text{ MHz}$$

وهكذا يمكن ان يكون التردد الاعلى للاشارة الصورية ( اشارة الصورة )

كبيرا جدا ، حتى عدة ميجاهرتزات

وتبين العلاقة (7.1) ان تردد نبضات الاشارة المناظرة للاشرطة الرأسية

السوداء والبيضاء يقل كلما قل عدد

الاشرطة ، ويكون اقل ما يمكن

( نبضة واحدة فى كل فترة مسح

افقى ) اذا كان عدد الاشرطة

$m = 2$  . ولذلك يكون ادنى تردد

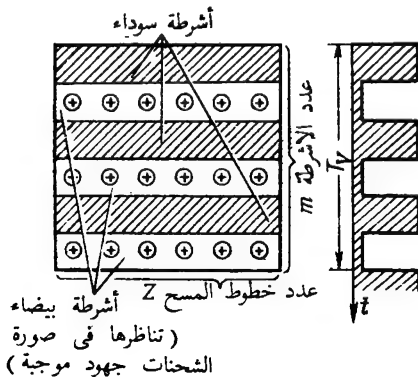
فى حالة ارسال الاشرطة الرأسية

$f = Zn$  ، وهذا التردد هو نفس

تردد المسح الافقى  $f_H$  .

ويمكن ان يكون تردد

الاشارة الصورية اقل من التردد



الشكل ٦ - ٧ . الاشارة التلفزيونية الناتجة عن

مسح الاشرطة الافقية السوداء والبيضاء

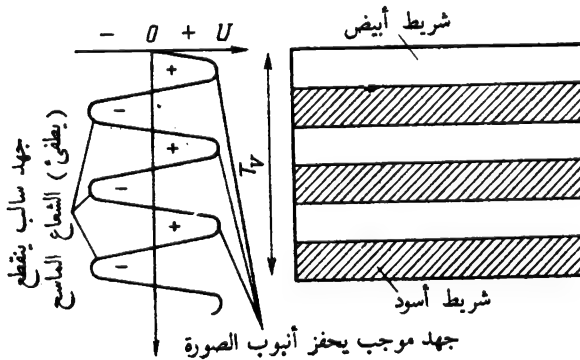
الافقى  $f_H$  ، اذا كانت الصورة المسقطة على الكاثود الضوئى لانبوب التصوير التلفزيونى هى عبارة عن اشطرة افقية سوداء وبيضاء . ويولد الانبوب فى هذه الحالة نبضات مناظرة لهذه الاشطرة ، امد كل منها اكبر من فترة المسح الافقى  $T_H$  عدة مرات . ويبين الشكل ٧ - ٦ ان عدد النبضات المتولدة اثناء فترة مسح الاطار  $(T_V = \frac{1}{n})$  يساوى نصف عدد الاشطرة الافقية السوداء والبيضاء ( اى  $\frac{m}{2}$  ) . وهكذا يتولد خلال ثانية واحدة عدد من النبضات يساوى  $\frac{m}{2} n$  ، فيكون تردد نبضات اشارة الصورة فى حالة تلفزة الاشطرة الافقية السوداء والبيضاء :

$$f = \frac{m}{2} n \quad (7.3)$$

وفى حالة المسح التقدّمى يكون التردد الاطارى  $n$  مساويا لتردد المسح الرأسى  $f_v$  ، ومن ثم :

$$f = \frac{m}{2} f_v \quad (7.4)$$

واذا سلطنا على الكترود تحكم انبوب الصورة فلطية موجة مستطيلة ( نبضية ) او جيبية ، ذات اتساع كبير لدرجة كافية ، بتردد  $f = \frac{m}{2} f_v$  ،



الشكل ٧ - ٧ . الحصول على اشطرة افقية سوداء وبيضاء على شاشة جهاز تلفزيون

تتكون على الشاشة صورة اشطرة افقية بيضاء وسوداء ( الشكل ٧ - ٧ ) ، عددها يساوى عدد الاشطرة المتلفزة .

وإذا كان التردد الرأسى هو ٥٠ هرتز ، فان عدد الاشرطة الافقية السوداء والبيضاء المناظرة لاشارة ترددها ٥٠٠ هرتز :

$$m = \frac{f_2 f}{f_v} = \frac{2 \cdot 500}{50} = 20$$

وينبغى الا يكون عرض الاشرطة الافقية اقل من عرض خط المسح ، لكى لا يغطى الشعاع الالكترونى فى نفس الوقت شريطين او اكثر من الاشرطة السوداء والبيضاء . ولذلك يكون العدد الاقصى للاشرطة الافقية السوداء والبيضاء مساويا لعدد خطوط المسح ( $m = Z$ ) ، بحيث يكون اعلى تردد للاشارة الصورية المناظرة :

$$f_{\max} = \frac{Z}{2} n = \frac{f_H}{2}$$



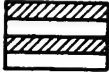
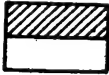
ويكون تردد الاشارة الصورية اقل ما يمكن اذا كان عدد الاشرطة الافقية السوداء والبيضاء مساويا اثنين ، اى اذا كانت الصورة تتألف من شريطين افقيين اسود وابيض ، وهكذا يكون التردد الادنى للاشارة الصورية  $f_{\min} = \frac{2}{2} n = n$  ، اى يساوى التردد الاطارى ( او تردد المسح الرأسى  $f_v$  ) :

$$f_{\min} = n = f_v \quad (7.5)$$

وعلى هذا النحو يتوقف التركيب الترددى لاشارة الصورة على محتوى الصورة وبارامترات المسح . ونحصل على ادنى تردد لاشارة الصورة عند ارسال صورة زوج واحد من الاشرطة الافقية السوداء والبيضاء وهو يساوى التردد الاطارى او تردد المسح الرأسى ، بينما نحصل على اقصى تردد عند ارسال صورة اشربة رأسية سوداء وبيضاء ، عرض كل منها يساوى عرض خط المسح .

ويتحدد عرض الطيف التلفزيونى اساسا بأعلى تردد للاشارة الصورية لانه اكبر كثيرا من التردد الادنى .

وبين الجدول ٧ - ١ العلاقات التى حصلنا عليها الحالة المسح التقدى .

تردد الإشارة	الصورة
$f = \frac{m}{2} f_H = \frac{m}{2} Z n$ $f_{\max} = \frac{K Z^2}{2} n$	
$f = Z n = f_H$	
$f = \frac{m}{2} f_V = \frac{m}{2} n$	
$f = n = f_{\min}$	

### البند ٧ - ٣ بيان الصورة التلفزيونية

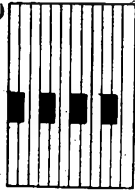
ان بيان الصورة التلفزيونية (بيان التفاصيل او دقة التبين او التحليل) هو احد اهم مقاييس جودة الارسال التلفزيوني ، اذ يميز جودة اعادة انتاج (امكانية تبين) ادق تفاصيل الصورة

ويتحدد البيان الرأسى بالعدد الاقصى للتفاصيل التى يمكن التمييز بينها على طول ارتفاع الاطار (الصورة) . وهو يتوقف على الفرق ( $Z'$ ) بين عدد الخطوط الاسمى  $Z$  وعدد خطوط الارتداد الرأسى التى يتم اظلامها او «اطفاؤها» بواسطة نبضات الاطفاء . ويعتمد البيان الرأسى ايضا على وضع تفاصيل الصورة بالنسبة الى خطوط المسح ، كما يعتمد على مقاس النقطة الماسحة (قطر الشعاع الالكترونى) او جودة التركيز ، ولا يتوقف عمليا على عرض النطاق الترددى لقناة الإشارة التلفزيونية .

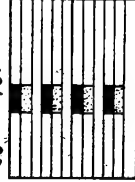
لنفترض ان الصورة المتلفزة عبارة عن اشربة افقية سوداء وبيضاء ، كما فى الشكل ٧ - ٨ . فاذا كان عرض كل شريط يساوى عرض خط المسح (اى يساوى قطر النقطة الماسحة) . كما فى الحالة (أ) . فان البيان الرأسى



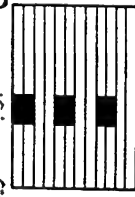
الصورة المسقطه على لوح هدف أنبوب التصوير



الصورة المنكورة على شاشة أنبوب الصورة



الصورة المسقطه على لوح هدف أنبوب التصوير



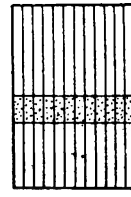
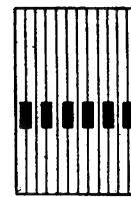
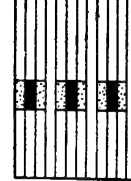
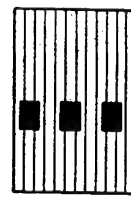
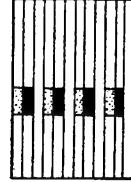
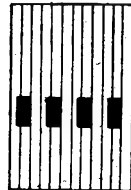
الصورة المنكورة على شاشة أنبوب الصورة



الصورة المسقطه على لوح هدف أنبوب التصوير



الصورة المنكورة على شاشة أنبوب الصورة



٨

ب

١

الشكل ٧ - ٨ . اعتماد البيان الرأسى على وضع تفاصيل الصورة بالنسبة الى خطوط السح

يساوى عدد الخطوط الحقيقى  $Z'$  عندما تكون الشرط موضوعة بدقة على خطوط المسح ، ويساوى الصفر ( اى لن يعاد انتاج صورة الشرط ) عندما تكون الشرط متزاحة رأسيا بالنسبة الى خطوط المسح بمقدار نصف ارتفاع الشرط . واذا كان ارتفاع الشرط مساويا ضعف عرض خط المسح ، كما فى الحالة (ب) ، فان البيان الرأسى لا يعتمد على الوضع النسبى للشرط وخطوط المسح ، ولكنه يساوى فى هذه الحالة نصف عدد خطوط المسح ( $0.5Z'$ ) . ويعتبر البيان الرأسى مساويا وسطيا  $0.75Z'$  ، اى ما يقابل ارسال صورة شرط افقية ارتفاع كل منها اكبر مرة ونصف من عرض خط المسح ، كما فى الحالة (ج) . ويتحدد البيان الافقى بمقاييس النقطة الماسحة وشكلها ( اى يتحدد بجودة التركيز ) ، كما يتوقف على شكل المنحنى المميز الترددى لقناة الاشارة .

#### البند ٧ - ٤ اختيار بارامترات المسح التقدمى

بعد تحديد العلاقة بين عرض طيف الاشارة التلفزيونية وبارامترات المسح يمكن ان نبين كيفية اختيار هذه البارامترات .

( ١ ) اختيار التردد الاطارى ( $n$ ) : مما سبق ان ذكرنا فى الفصل الاول تتصف عين الانسان بقصور الاحساس البصري ( مداومة الابصار ) لمدة تبلغ تقريبا عشر الثانية . ويستفاد من هذه الظاهرة فى التلفزيون كما يستفاد منها فى السينما .

وفى السينما يتم تصوير لقطات متتابعة بسرعة كبيرة للاشياء المراد عرضها على الشاشة ثم يتم عرض هذه اللقطات ( اطارات الفلم ) بنفس السرعة . ويكفى ان يكون تردد تتابع الاطارات اكثر من حوالى ١٠ اطارات فى الثانية حتى نرى على الشاشة صورا متحركة حركة منسجمة ( متصلة ) للاشياء المتحركة بسرعة غير كبيرة جدا . واذا كان تردد تتابع الاطارات منخفضا نسبيا ( حوالى ١٠ هرتز ) يلاحظ المشاهد وجود ارتعاش فى سطوع الصورة على الشاشة . ولكى يخفى الاحساس بالارتعاش ينبغى ان يكون تردد تتابع الاطارات اعلى من التردد الحرج ( الشكل ١ - ٨ ) . واذا كان النصوص الوسطى للشاشة

حوالى ٣٠ شمعة/م<sup>٢</sup> ، فان التردد الحرج للارتعاش يساوى ٤٠ هرتز تقريبا .  
ويكفى ان يكون التردد الاطارى مساويا لهذه القيمة حتى نحصل على الشاشة  
على صورة منسجمة الحركة ، لا ارتعاش فيها .

وقد يتساءل القارئ : لماذا لا نلاحظ الارتعاش فى السينما رغم ان  
تردد تتابع اطارات الفلم هو ٢٤ اطاراً فى الثانية ؟ والواقع ان تصوير الفلم  
السينمائى يتم بسرعة ٢٤ لقطة ( اطاراً ) فى الثانية ، وكذلك يتم تبديل الاطارات  
عند عرض الفلم ٢٤ مرة فى الثانية . ولكن كل اطار يسقط على الشاشة  
مرتين ، بواسطة القرص الدوار ( الغالق او الحاجب ) الذى يقوم بقطع ( حجب )  
الضوء الساقط على الشاشة مرتين خلال الفترة المخصصة لعرض كل اطار :  
مرة اثناء تحريك الفلم ( اثناء تبديل الاطار ) ، ومرة اثناء توقف الفلم ( اثناء  
ثبات الاطار امام عدسة الاسقاط ) . ولذلك يكون تردد الارتعاش فى حالة  
العرض السينمائى مساويا ضعف التردد الاطارى ، اى ٤٨ هرتز .

ومما ينبغى مراعاته عند اختيار التردد الاطارى فى التلفزيون تأثير مويجات  
فلطيات التغذية والمجالات المغنطيسية الشاردة من محولات القدرة ، اذ ان  
هذه المجالات تؤثر على الشعاع الالكترونى فى انبوب الصورة ، فيمكن ان  
تؤدى الى تشويه الشكل الهندسى للصورة ، كما ان مويجات فلطيات التغذية  
تسبب ظهور اشربة افقية مظلمة . واذا كان تردد المسح الرأسى ( التردد الاطارى )  
وتردد منبع القدرة متساويين ، فان الاشربة الافقية الناتجة على شاشة انبوب  
الصورة تتحرك الى الاعلى او الى الاسفل ، كما ان الصورة كلها تتشوه تشوها  
متغيرا بسرعة يحددها الفرق بين الترددين المذكورين وعندما يكون هذان  
الترددان متساويين ، تكون الاشربة الافقية ثابتة ، ولهذا تلاحظ بدرجة اقل .  
ولذلك كان تردد المسح الرأسى قد اختير مساويا لتردد المنبع ( وهو  
٥٠ هرتز فى النظام القياسى السوفيتى والاوربى و ٦٠ هرتز فى النظام القياسى  
الامريكى ) . وتسمح مزامنة التردد الاطارى ( الرأسى ) مع تردد المنبع بتبسيط  
مرشحات التغذية ( تسمح بنسبة اكبر من الموجات ) ، كما تبسط حجب  
محولات القدرة . ولكن مزامنة التردد الاطارى وتردد المنبع لا تمنع حركة  
« طنين المنبع » على صورة الاجهزة الموجودة فى مكان ذى منبع قدرة مستقل

عن المنبع الذى تغذى منه محطة التلفزيون ، كما يحدث فى الآونة الاخيرة فى كثير من الاحيان نتيجة لشيوخ ارحال البرامج التلفزيونية الى مسافات بعيدة . وبالإضافة الى ذلك ، ليس من المرغوب فيه ربط التردد الاطارى بتردد المنبع فى حالة الارسال التلفزيونى الملون . ولذلك اخذت محطات التلفزيون اخيرا تعمل بدون مزامنة التردد الاطارى مع تردد المنبع ، على ان تصمم اجهزة التلفزيون بحيث يتم تحسين ترشيح الفلطيات المقومة وتقليل المجالات الشاردة من المحولات .

(٢) اختيار عدد خطوط المسح  $Z$  : لكى نحصل على احسن بيان للصورة فى الاتجاه الرأسى ، يفضل ان يكون عدد خطوط المسح كبيرا . وتتطلب زيادة هذا العدد تصغير قطر الشعاع الماسح ، اى تتطلب تحسين تركيز الشعاع على سطح الشاشة . وتسمح التكنولوجيا المعاصرة بجعل عدد خطوط المسح ١٠٠٠ واكثر . ولكن زيادة هذا العدد تؤدي الى زيادة عرض الطيف الترددي الذى يتناسب مع مربعه . ولذلك ينبغى اختيار العدد  $Z$  انطلاقا من حل وسط مناسب لكل من بيان الصورة وعرض الطيف التلفزيونى . وقد اختير عدد خطوط المسح فى مختلف الانظمة التلفزيونية عدة مئات . وهو يساوى فى النظام التلفزيونى السوفيتى والاوربى ٦٢٥ ، وبهذا يمكن الحصول على جودة عالية جدا للصورة التلفزيونية . وفى حالة المسح التقدى ، عندما يكون عدد الخطوط ٦٢٥ والتردد الاطارى ٥٠ ونسبة الشكل  $\frac{4}{3}$  ، يكون اقصى تردد لاشارة الصورة :

$$f_{\max} = \frac{KZ}{2} n = \frac{4}{3} \cdot \frac{625^2}{2} \cdot 50 \approx 12.5 \text{ HMz}$$

وطالما ان من الصعب ارسال مثل هذا الطيف العريض بدون تشويه عبر قنوات الاتصال ، لذلك يستخدم فى حالة المسح التقدى عدد اقل من الخطوط : حوالى ٣٠٠ او ٤٠٠ .

### البند ٧ - ٥ المسح بتردد اطارى منخفض

ان خصائص الطرائق التلفزيونية لارسال المعلومات تتلخص فى ضرورة استخدام قنوات اتصال عريضة النطاق الترددى . وهذه القنوات اعتد كثيرا

من القنوات عريضة النطاق المستخدمة فى اللاسلكى والاذاعة الصوتية . ولا يمكن ارسال الاشارات التلفزيونية عريضة النطاق لاسلكيا ، الا فى مدى الموجات القصيرة جدا ، ضمن نطاق ترددى عرضه عدة ميغاهرتزات . وتؤدى زيادة عرض الطيف الترددى الى ارتفاع مستوى الضوضاء الداخلة الى جهاز الاستقبال ، مما يتطلب رفع قدرة جهاز الارسال واستخدام هوائيات استقبال حادة الاتجاهية ، كما يتطلب اجراءات خاصة لتخفيض مستوى الضوضاء المتولدة داخل جهاز الاستقبال . ولذلك من المهم عمليا استخدام اساليب تسمح بتقليل عرض نطاق ترددات الاشارة التلفزيونية . ومن هذه الاساليب طريقة المسح التقدّمى بتردد اطارى اقل من تردد الارتعاش الحرج ( $n < 40 \text{ Hz}$ ) ، على ان يزال الارتعاش فى هذه الحالة ، مثلا باستخدام شاشة ذات مداومة كافية للاحتفاظ بالصورة مدة طويلة نسبيا . وهكذا يمكن تخفيض التردد الاطارى الى عدة هرتزات اذا استخدمت انابيب صورة ذات شاشات تبلغ مداومتها عشرات الثوانى . ويمكن استخدام تلك الطريقة لارسال صور الاشياء الساكنة او المتحركة بسرعات منخفضة ، ولكنها غير مجدية فى حالة الاشياء المتحركة بسرعة كبيرة ، لأن اعادة انتاج صور هذه الاشياء على شاشة كبيرة المداومة يؤدى الى ظهور « اهداب » لها تتحرك معها .

ويمكن مثلا استخدام طريقة المسح بتردد اطارى منخفض من اجل ارسال صورة شاشة محطة الرادار ، اذ ان العلامات التى تظهر على هذه الشاشة تتحرك ببطء .

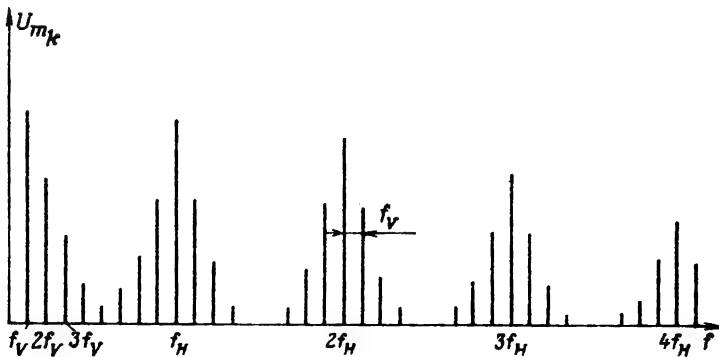
وقد لقيت طريقة « المسح القليل الاطارات » استخداما ناجحا لارسال صور الجانب الخلفى للقمر من متن سفينة الفضاء الاوتوماتية السوفيتية فى عام ١٩٥٩ . وقد سمحت تلك الطريقة بتضييق النطاق الترددى لدرجة اتاحت الامكانية لاستخدام جهاز ارسال قدرته عدة واطات فقط ، رغم ان السفينة كانت بعيدة عن الارض مئات آلاف الكيلومترات .

واستخدمت نفس الطريقة فيما بعد لارسال صور سطح القمر من السفن الفضائية السوفيتية « لونا - ٩ » ، « لونا - ١٣ » ، « لونا خود - ١ » والسفن الفضائية الامريكية « سيرفير - ١ » ، « سيرفير - ٣ » ، كما استخدمت فى

التابع الاصطناعية الميثيرولوجية ( الخاصة بالاحوال الجوية ) لارسال صور سطح الارض وطبقات الغيوم .  
ويجدر ان نذكر ان العالم السوفيتي كاتايڤ كان اول من تقدم بفكرة التلفزة بتردد اطارى منخفض واختبرها تجريبيا فى الثلاثينيات .

### البند ٧-٦ تركيب الطيف الترددى للاشارة التلفزيونية

سبق ان استعرضنا العلاقة بين تردد الاشارة الصورية ومحتوى الصورة المتلفزة وبارامترات المسح ، واستنتجنا المعادلات التى يمكن بواسطتها حساب الحدين الادنى والاقصى لطيف الاشارة التلفزيونية . ومن المهم جدا ايضا تحديد تركيب الطيف ، اى شكل الرسم البيانى الطيفى .  
ومن المعروف ان الطيف الترددى للاشارة الكهربائية هو عبارة عن مجموعة المركبات التوافقية ( التوافقيات ) المؤلفة لتلك الاشارة المعقدة . ويمثل الطيف بيانيا بمجموعة خطوط رأسية يتناسب ارتفاع كل منها مع اتساع التوافقية المناظرة ، ويتحدد وضع كل منها على المحور الافقى بالتردد المناظر . وكما بين العالمان الاميريكان ميرتز وجيرى فى عام ١٩٣٤ ، يتميز طيف الاشارة التلفزيونية بأنه غير متصل ( بخلاف طيف الاشارة الاذاعية الصوتية ) ، بل يتألف من خطوط منفصلة ( الشكل ٧-٩ ) ، تمثل توافقيات تردد المسح



الشكل ٧-٩ . طيف الاشارة التلفزيونية المناظرة لصورة غير متحركة

الافقى ، ومركبات طيفية اخرى مركزة حول هذه التوافقيات وتبعد عنها بمقدار تردد المسح الرأسى او اضعافه .

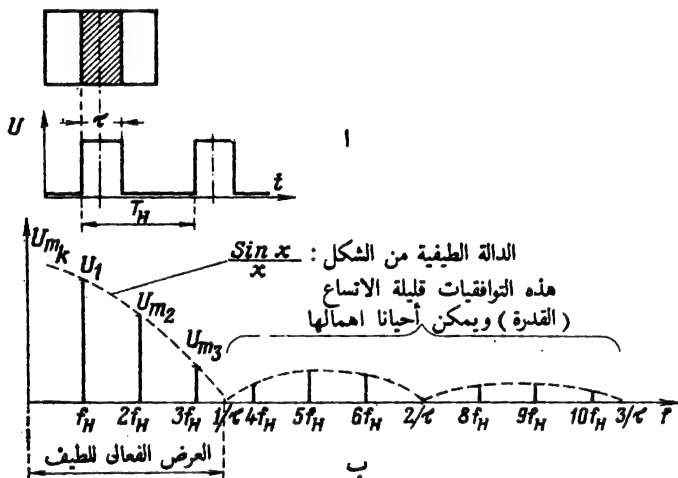
ومن الممكن تحليل طيف الاشارة التلفزيونية رياضيا باستخدام متسلسلة « فورييه » المزدوجة . ولكن يمكن شرحه بدون تعقيد كما يلى :

لنتأمل اولاً اطياف الاشارات التلفزيونية المناظرة لابطس الصور .

( ١ ) طيف اشارة الصورة المنحوية على تفاصيل رأسية او افقية فقط :

لنفترض ان الشئ المتلفز عبارة عن شريط رأسى عريض ( الشكل

٧ - ١٠ أ ) ، ويولد انبوب التصوير عند تلفزة ذلك الشئ نبضات مستطيلة



الشكل ٧ - ١٠ . الشكل الموجى للاشارة المناظرة لشريط رأسى ( أ ) وطيف هذه الاشارة ( ب )

الشكل ، مدة دورها  $T_H$  وامتد كل منها  $\tau$  . ويمكن تمثيل هذه النبضات ، كأية دالة دورية بمتسلسلة فورييه .

وتنص نظرية فورييه على امكانية تمثيل اية دالة دورية بمجموع مركبة مستمرة ومركبات توافقية (مركبات جيبية او مركبات جيب تمام) تردداتها من اضعاف التردد الاساسى (التوافقية الاولى) . والدالة الدورية فى الحالة المذكورة هى موجة نبضات مستطيلة ، ترددها الاساسى هو تردد المسح

الافقى  $f_H$  . وتمثل الموجة المستطيلة حسب نظرية فورييه بمركبات جيب التمام فقط على الشكل :

$$u = U_0 + U_{m1} \cos \omega t + U_{m2} \cos 2 \omega t + \dots + U_{mk} \cos k \omega t$$

حيث  $u$  القيمة اللحظية للاشارة ،

و  $U_0$  المركبة المستمرة (مركبة التيار المستمر) ،

و  $U_{mk}$  اتساع (قيمة ذروة) التوافقية رقم  $k$  .

ويعتمد اتساع كل توافقية على ترددها مثلما تعتمد الدالة  $\left| \frac{\sin x}{x} \right|$  على

المتغير  $x$  (الشكل ٧ - ١٠ ، ب) . وعلى هذا النحو نجد ان اتساع التوافقيات

التي تكون تردداتها من اضعاف  $\frac{1}{4}$  يساوى الصفر ، اى انها تغيب عن الطيف .

ويتركز الجزء الاعظم من طاقة الاشارة ( ٩٠ - ٩٥ % ) فى نطاق

ترددى يمتد من الصفر حتى  $\frac{1}{4}$  . ويعتبر هذا النطاق العرض الفعال \*

للطيف ، وهو يتناسب عكسيا مع امد النبضة .

وهكذا نجد ان الطيف الترددى للموجة المستطيلة هو طيف غير متصل ،

لأن الطاقة معدومة بين توافقيات تردد تكرار النبضات ( فى الحالة المذكورة

تردد المسح الافقى ) .

كما وان طيف النبضة الوحيدة يمكن ان يعتبر كطيف متسلسلة نبضات

تؤول مدة دورها الى اللانهاية ويؤول تردد تكرارها الى الصفر . ومعنى ذلك

ان طيف النبضة الوحيدة هو طيف متصل لأن المسافات بين الخطوط المتجاورة

فيه تؤول الى الصفر .

واذا كانت الصورة المتلفزة عبارة عن عدة تفاصيل ( اشربة ) رأسية ،

فان طيفها يكون ايضا غير متصل ويتألف من خطوط ( توافقيات ) تفصل

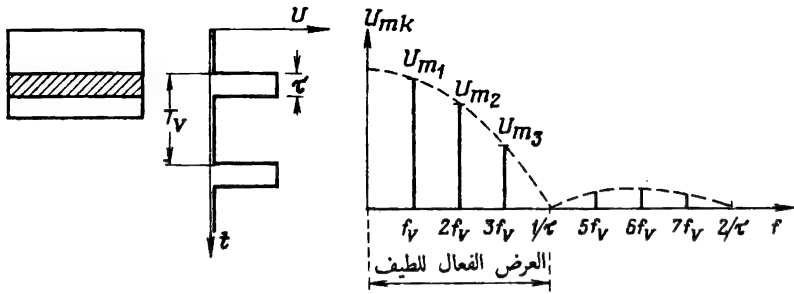
بينها مسافات تساوى تردد المسح الافقى  $f_H$  .

---

\* ليس معنى ذلك ان الاجزاء الاخرى من الطيف غير مهمة . فمع ان طاقة التوافقيات الموجودة خارج ذلك النطاق « الفعال » ضئيلة ، الا ان وجودها ضرورى للحفاظ على شكل النبضة ( وخاصة حافتها الامامية ) .



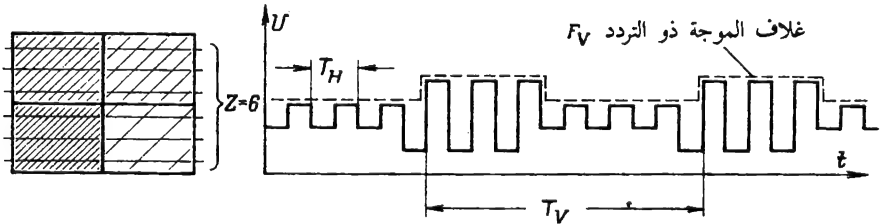
اما طيف اشارة صورة الاشرطة الافقية فهو يحتوى على توافقيات تردد المسح الرأسى ( الشكل ٧-١١ ) .



الشكل ٧-١١ . طيف اشارة صورة شريط افقى

( ٢ ) طيف اشارة الصورة المحتوية على تفاصيل افقية ورأسية :

لنفترض ان الصورة المتلفزة تتألف من اربعة اجزاء مختلفة النصوص ، يفصل بينها خط افقى وخط رأسى ( الشكل ٧-١٢ ) ، على ان يكون تباين الجزئين السفليين اكثر من تباين الجزئين العلويين . وفى هذه الحالة تنتج

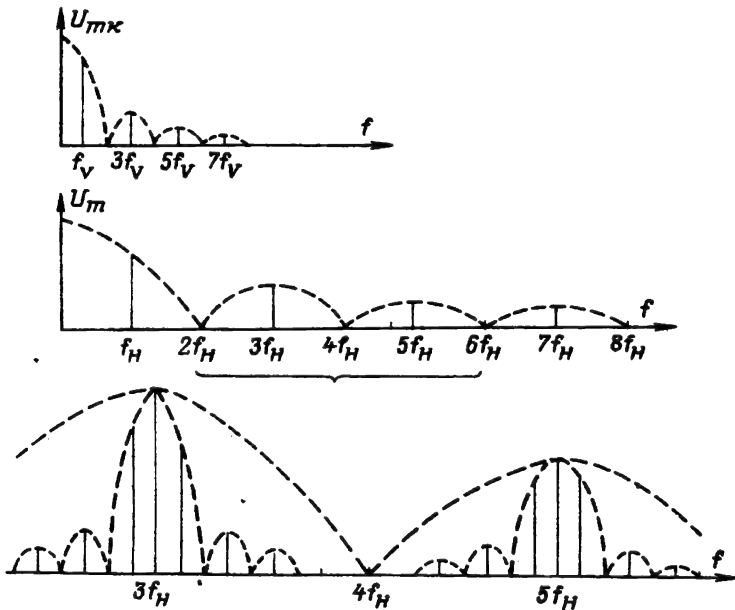


الشكل ٧-١٢ . طيف اشارة الصورة المحتوية على اربعة مناطق مختلفة النصوص ( يفصل بينها خط رأسى وخط افقى ) ، وتدل كثافة خطوط التظليل على درجة سواد اجزاء الصورة

عن مسح النصف الاسفل من الصورة اشارة اكبر اتساعا من الاشارة الناتجة عن مسح النصف العلوى . وبذلك تكون اشارة الصورة عبارة عن موجة مستطيلة ذات تردد يساوى تردد المسح الافقى ، معدلة من حيث الاتساع بتردد المسح الرأسى . ويمثل غلاف الموجة فى هذه الحالة تغير تباين النصوص بين يسار

الصورة ويمينها على طول الحد الفاصل الرأسى ، اى يمثل تغيره فى اتجاه المسح الرأسى .

ومن المعروف ان الطيف الترددى للموجة المعدلة الاتساع يتألف من تردد الموجة الحاملة ( وهو فى المثال المذكور تردد المسح الافقى ) ومركبتين جانبيتين تبعدان عنه بقدر تردد التعديل ( التردد الاطارى ) . ولما كانت الموجة الحاملة وموجة التعديل ( غلاف الموجة المعدلة ) ، فى المثال المذكور ، على شكل نبضات مستطيلة ، نجد اشارة الصورة فى تلك الحالة معقدة الطيف ( الشكل ٧-١٣ ) . فكل توافقية من توافقيات تردد المسح الافقى تقوم



الشكل ٧-١٣ . تكوين طيف اشارة الصورة المحتوية على اربعة مناطق مختلفة النصوص ، يفصل بينها خط رأسى وخط افقى :: أ- طيف موجة التعديل التى تتضمن توافقيات تردد المسح الرأسى ؛ ب- طيف الموجة الحاملة التى تتضمن توافقيات تردد المسح الافقى ؛ ج- الطيف الكامل

بدور موجة حاملة ، تنشأ حولها مركبتان جانبيتان من كل توافقية من توافقيات التردد الاطارى . وطالما ان كلا من الموجة الحاملة وموجة التعديل فى المثال المذكور عبارة عن سلسلة نبضات تماثلية ، فان طيفها ، كما يبين تمثيلها

بمتسلسلة فورييه ، يتألف فقط من التوافقيات الفردية لترددى المسح الافقى والرأسى .

٣ ) طيف الاشارة التلفزيونية فى حالة ارسال الصور المتحركة : عند تلفة الصور المتحركة يتغير محتوى الاطار تدريجيا ، ولذلك يتغير نوعا ما الشكل الموجى للاشارة الصورية وكذلك طيفها . وفى هذه الحالة « تأرجح » الخطوط الطيفية و « يتلطح » شكل الطيف .

ولكن الاشياء التى تتلفز عادة ( كالا شياء التى تصور سينمائيا ) تتحرك بسرعة منخفضة جدا بالنسبة الى سرعة تتابع الاطارات . وتبين الحسابات ان « تأرجح » ترددات الخطوط الطيفية لا يتعدى عدة هرتزات او عشرات الهرتزات . ومعنى هذا ان الحيزات ( الثغرات ) الفاصلة بين مجموعات الخطوط الطيفية المحيطة بتوافقيات تردد المسح الافقى تبقى شاغرة ، بحيث يمكن ان نعتبر ان اطراف اشارات الصور المتحركة هى ايضا اطراف غير متصلة .

٤ ) ارسال معلومات اضافية ضمن طيف الاشارة التلفزيونية : ان وجود حيزات خالية فى طيف الاشارة التلفزيونية يسمح بارسال معلومات اضافية ضمن هذا الطيف بدون توسيع نطاق ترددات قناة الاتصال . وتستخدم هذه الطريقة فى انظمة التلفزيون الملون « المتألقة » وتسمى طريقة « تشابك الاطراف » ( انظر الفصل ١٤ ) .

## البند ٧-٧ المسح المتشابك

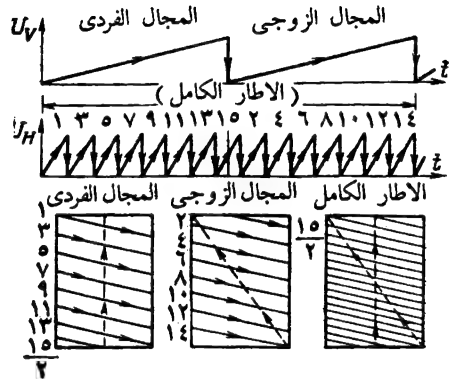
تستخدم طريقة المسح المتشابك من اجل تضيق النطاق الترددى اللازم لارسال الصور التلفزيونية . وطبقا لهذه الطريقة يتم ارسال كل اطار على دفعتين ، بحيث يصبح تردد الارتعاش مساويا ضعف تردد الاطار ( الصورة ) . وفى هذه الحالة يكفى ان يكون التردد الاطارى  $n \geq 20 \text{ Hz}$  حتى يكون تردد الارتعاش  $2n \geq 40 \text{ Hz}$  ، فلا يلاحظ الارتعاش .

وتذكر هذه الطريقة باستخدام الغالق فى اجهزة الاسقاط السينمائى . ونحصل على المسح المتشابك بتحليل الاطار ( الصورة ) الى عدد فردى من الخطوط ( الشكل ٧-١٤ ) ، على ان يجرى اولا مسح الخطوط

الفردية ثم يجرى مسح الخطوط الزوجية ، بحيث يتكون كل اطار من مجالين : مجال فردى ( محال الخطوط الفردية ) ومجال زوجى ( مجال الخطوط الزوجية ) . ويتراكب مجالا كل اطار فى عين المشاهد نتيجة لمداومة الابصار ، فيتراءيان كصورة واحدة كاملة ، بخطوط مسح كاملة العدد .

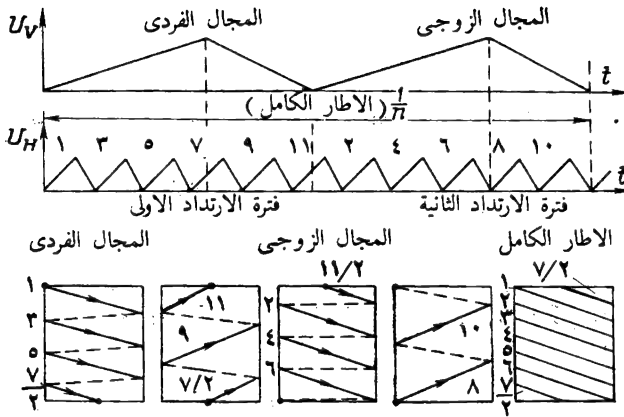
ويوضح الشكل ٧-١٤ ترتيب المسح المتشابك فى حالة مبسطة ،

افترض فيها ان عدد خطوط المسح صغير جدا . وكما يبين الشكل ، تبدأ حركة الشعاع الالكترونى فى المجال الاول من الزاوية اليسرى العليا وتنتهى فى منتصف الخط الفردى الاخير . ويبدأ الشعاع بمسح المجال الثانى من منتصف الطرف الاعلى للاطار ، فيمسح اولا النصف المتبقى من الخط



وقد اختير تردد المسح الرأسى فى النظام التلفزيونى الاوروبى مساويا ٥٠ هرتز ،  
ولذلك يكون التردد الاطارى حسب هذا النظام ٢٥ هرتز ( بينما فى النظام  
الامريكى ) (  $f_v = 60 \text{ Hz}$  ,  $n = 30 \text{ Hz}$  ) .

كما وان الشكل ٧-١٤ لا يبين فترات الارتداد . واذا اخذنا هذه  
الفترات فى الاعتبار تصبح الاشكال الموجية ( الخطوط البيانية الزمنية ) والهيكل



الشكل ٧-١٥ . الاشكال الموجية والهيكل الخطى فى حالة المسح المتشابك مع مراعاة  
فترات الارتداد

الخطى فى حالة المسح المتشابك كما فى الشكل ٧-١٥ . وليس من الضرورى  
ان تكون فترة الارتداد الرأسى مساوية عددا صحيحا من فترات المسح الافقى .  
لنحدد نطاق ترددات الاشارة الصورية فى حالة المسح المتشابك .

وفى هذه الحالة ، كما فى حالة المسح التقدمى ، نحصل على التردد الاقصى  
للاشارة الصورية عند تلفزة اشرطة رأسية سوداء وبيضاء ، عرض كل منها  
يساوى عرض خط المسح ، بينما نحصل على التردد الادنى عند ارسال صورة  
تحتوى على شريطين افقيين اسود وابيض فقط .

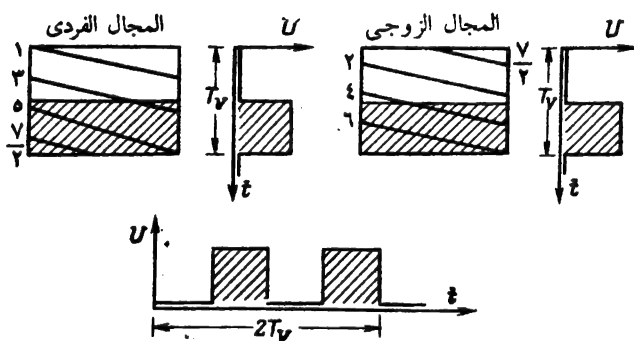
ويتحدد التردد الاقصى فى حالة المسح المتشابك بالعلاقة ( 7.2 )  
ايضا ، على ان يؤخذ فى الاعتبار ان التردد الاطارى  $n$  فى هذه الحالة هو  
نصف تردد المسح الرأسى  $f_v$  . وهكذا يكون التردد الاقصى فى حالة المسح

المتشابه أقل مرتين مما هو في حالة المسح التقدمي للحصول على نفس بيان التفاصيل عند تساوي تردد المسح الرأسى  $f_v$  في الحالتين).

لنفترض ان عدد خطوط المسح ٦٢٥ ونسبة الشكل  $\frac{4}{3}$  والتردد الاطارى ٢٥ هرتز . وفي هذه الحالة ، عند استخدام المسح المتشابه ، يكون تردد الارتعاش  $f_v = 2n = 50 \text{ Hz}$  ، فلا يلاحظ . ويكون التردد الاقصى للاشارة عندئذ :

$$f_{\min} = \frac{KZ^2}{2} n = \frac{4}{3} \cdot \frac{625^2}{2} \cdot 25 = 6.25 \text{ MHz},$$

اي اقل مرتين مما هو في حالة المسح التقدّمى .  
وبين الشكل ٧-١٦ طريقة الحصول على التردد الادنى للاشارة فى  
حالة المسح المتشايك .



الشكل ٧ - ١٦ . التردد الأدنى للإشارة الصورية في حالة المسح المتشابه ( وقد افترضنا ان فترة الارتداد الرأسى تساوى الصفر وعدد خطوط المسح يساوى ٧ )

ففى هذه الحالة يولد انبوب التصوير التلفزيونى نبضتين فى فترة مسح كل اطار ، اذ انه يولد نبضة واحدة فى فترة مسح كل مجال . ولذلك يكون التردد الادنى فى حالة المسح المتشابه مساويا ضعف التردد الاطارى :

$$f_{\max} = 2n$$

ای یساوی تردد المسح الرأسی (تردد المجال) .

وطالما ان التردد الاطارى يؤخذ فى حالة المسح المتشابك اقل مرتين من قيمته فى حالة المسح التقدى ( اذ يستخدم نفس تردد المسح الرأسى فى الحالتين ) ، فان التردد الادنى للاشارة يظل هو نفسه .  
وعلى هذا النحو تسمح طريقة المسح المتشابك بتضييق نطاق ترددات اشارة الصورة المتلفزة مرتين ( نتيجة لتخفيض التردد الاطارى مرتين ) .  
ولكن طريقة المسح المتشابك اكثر تعقيدا لحد ما من طريقة المسح التقدى . ولذلك لا تعمل اجهزة التلفزيون التطبيقى بطريقة المسح المتشابك ، الا اذا كان من الضرورى الحصول على بيان افضل للصورة ( عند تساوى نطاق ترددات الاشارة الصورية ) او نطاق اضيق ( عند تساوى بيان الصورة ) على حساب تعقيد الاجهزة .

## البند ٧-٨ البارامترات الاساسية للانظمة التلفزيونية العصرية

يبين الجدول ٧-٢ البارامترات الاساسية ( القياسية ) للانظمة التلفزيونية العصرية المستخدمة فى الاتحاد السوفيتى والبلدان الاخرى .  
ويمكن اعتبار نظام ٦٢٥ خطا امثل نظام ، اذ يوفق بين متطلبات الحصول على جودة عالية الصورة التلفزيونية ، ومتطلبات عدم تعقيد اجهزة الارسل والاستقبال كثيرا .

فبينما يكون بيان الصورة غير كاف فى حالة نظام ٤٠٥ خطوط ، نجد ان زيادة عدد خطوط المسح الى اكثر من ٦٢٥ تؤدي الى زيادة عرض نطاق الترددات الى اكثر من اللازم ، مما يتطلب تعقيد الاجهزة ويزيد من تداخلات محطات الارسل ويجعل من الصعب توزيع قنوات الارسل التلفزيونى فمثلا يحقق نظام ٨١٩ خطاً بياناً اعلى للصورة بثمان غال ، اذ يتطلب نطاقا تردديا عرضه ١٠,٤ ميگاهرتز ( بدلا من ٦ ميگاهرتز فى حالة ٦٢٥ خطاً ) .

ويؤدى الاختلاف فى قياسات المسح التلفزيونى الى عرقلة تبادل البرامج التلفزيونية بين البلدان المختلفة ، اذ يتطلب اجهزة خاصة لتحويل القياسات .

قياسيات الانظمة التلفزيونية العالمية				بارامترات النظام التلفزيوني
النظام الانجليزى	النظام الامريكى واليابانى	النظام السوفييتى والاوربى *	النظام الفرنسى	
405	525	625	819	عدد خطوط الاطار (العدد الاسمى)
50	60	50	50	تردد المسح الرأسى بالهرتز (عدد المجالات فى الثانية)
25	30	25	25	التردد الاطارى بالهرتز (عدد الاطارات والصور فى الثانية)
10125	15750	15625	20475	تردد المسح الافقى ، او تردد الخط ، بالهرتز
4 : 3	4 : 3	4 : 3	4 : 3	نسبة الشكل
3	4	6(5)*	10,4	عرض نطاق ترددات اشارة الصورة الميجاهرتز

وتنتقل اغلب دول اوربا حاليا الى نظام ٦٢٥ خطأ ليصبح نظاما عاما لكل اوربا .

### البند ٧-٩ اشكال خاصة للمسح

ان اغلب المنظومات التلفزيونية العصرية تستخدم المسح التقدمى والمسح المتشابك ، مما يفسر بمزايا هاتين الطريقتين :

- ١- طالما ان سرعة تحرك الشعاع على لوح الهدف ( الشاشة ) خلال فترة المسح الفعال هى سرعة ثابتة ، فان بيان الصورة ونصوع شاشة جهاز الاستقبال يظلال ثابتين فى جميع اجزاء الشاشة .

\* يوجد نظامان تلفزيونيان اوروبيان : نظام متبع فى دول اوربا الاشتراكية ، ومن ضمنها الاتحاد السوفييتى ، ونظام متبع فى دول اوربا الغربية ، يختلف عن النظام السوفييتى بعرض النطاق الترددى فقط ( ٥ ميجاهرتز فى النظام الاوربى الغربى بدلا من ٦ ميجاهرتز فى النظام السوفييتى ) .



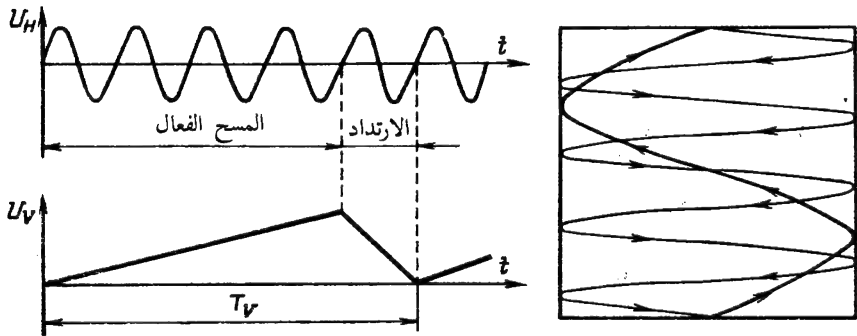
٢- عندما تكون تيارات الانحراف على شكل اسنان المنشار ، يسهل تحقيق مطابقة قوانين المسح فى انبوب التصوير وانبوب الصورة .

٣- ان الشكل المستطيل للهيكل الخطى يوافق شكل اطار الفلم السينمائى ، وهذا مهم للاذاعة التلفزيونية للافلام السينمائية .  
ولكن المسح التقدّمى والمسح المتشاكل يتصفان بعدة عيوب :

١- يحدث ضياع كبير للوقت فى فترات الارتداد ، اذ انها تشكل ٢٥ ٪ من فترات الارسال .

٢- تصرف نسبة قدرها ٢٥ ٪ من قدرة جهاز الارسال من اجل ارسال نبضات التزامن .

٣- ان طيف تيار سن المنشار المستخدم للانحراف يحتوى على ٣٠- ٥٠ توافقيات من توافقيات تردد الانحراف ، ويمتد حتى ٥٠٠- ٧٠٠

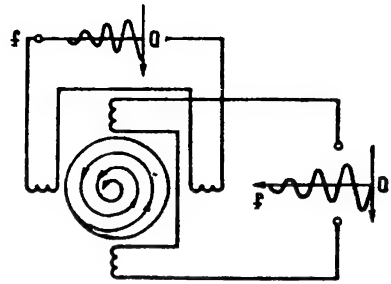


الشكل ٧- ١٧ . المسح بتيار جيبي وتيار سن المنشار

كيلوهرتز . ويؤدى ذلك الى فقد كثير من الطاقة فى محول خرج الانحراف الاقوى وملفات الانحراف الافقى ، كما يعرقل ارسال (نقل) تيارات الانحراف فى الدوائر التلفزيونية المقفلة لانه يتطلب لهذا الغرض كوابل عريضة النطاق ذات عزل متين جدا .

ولذلك تستخدم تجهيزات التلفزيون التطبيقى احيانا طرائق خاصة للمسح :

(١) المسح الجيبي : وهو يتم بامرار تيارين جيبيين مختلفي التردد في ملفات الانحراف الافقى والرأسى ، بحيث يتكون على الشاشة هيكل خطى مستطيل تقريبا (يتكون ما يسمى بشكل « ليساجو »).



(٢) المسح بتيار جيبي وتيار سن المنشار : يمرر تيار جيبي في ملفى الانحراف الافقى ، بينما يمرر تيار سن المنشار في ملفى الانحراف الرأسى (الشكل ٧-١٧).

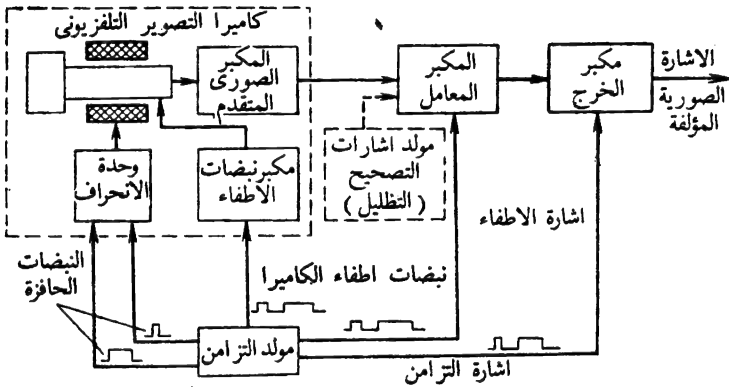
(٣) المسح على شكل خط حلزوني : يمرر تياران جيبيان في ملفات الانحراف الافقى والرأسى ، على ان يكون التياران متساويى التردد والاتساع ، ومختلفين من حيث الطور بمقدار  $90^\circ$  (الشكل ٧-١٨).

## الفصل الثامن

# الاشارة الصورية المؤلفة وتكوينها

### البند ٨ - ١ معلومات عامة عن الاشارة الصورية المؤلفة

كما سبق ان ذكرنا ، من الضروري ان ترسل مع اشارة الصورة نبضات التزامن ونبضات الاطفاء . وتستخدم نبضات التزامن ( « الافقية » و « الرأسية » )



الشكل ٨ - ١ . رسم تخطيطي لمراحل تكوين الاشارة الصورية المؤلفة

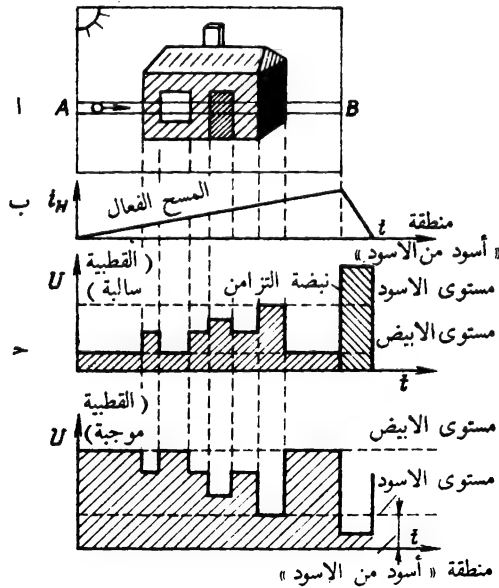
لمزامنة مولدات الانحراف الافقي والرأسي لشعاع انبوب الصورة ، بينما تستخدم نبضات الاطفاء لاطفاء شعاع انبوب الصورة (لاظلام الشاشة) خلال فترات الارتداد الافقي والرأسي .

ويسمى مجموع اشارة الصورة (الاشارة الصورية) ونبضات التزامن والاطفاء الممتزجة بها بالاشارة الصورية المؤلفة (او الاشارة « المرئية » المركبة) ، كما يسمى مجموع نبضات التزامن الافقية والرأسية باشارة التزامن المؤلفة . ويبين الشكل ٨ - ١ رسما تخطيطيا لمراحل تكوين الاشارة الصورية المؤلفة .

## البند ٨ - ٢ تكوين اشارة الصورة ، وفكرة عن مستوياتها

ان عملية تكوين اشارة الصورة تتلخص فى تحويل الصورة الضوئية المنفلزة الى صورة كهربائية ( صورة شحنات على لوح الهدف فى انبوب التصوير التلفزيونى ) ثم مسح هذه الصورة بواسطة شعاع الكترونى .  
وعندما يقوم الشعاع بمسح عناصر لوح الهدف واحدا تلو الاخر على التعاقب ، يمر بمقاومة الحمل تيار يناظر فى كل لحظة جهد العنصر الذى يجرى مسحه . ونتيجة لذلك تتكون على مقاومة الحمل فلطية اشارة تناظر الصورة التى تجرى تلفزتها .

واذا كانت فلطية الاشارة المناظرة للعناصر النيرة ( البيضاء ) فى الصورة اقل من فلطية الاشارة المناظرة للعناصر القاتمة ( السوداء ) ، فان قطبية الاشارة تعتبر سالبة . اما اذا كانت فلطية الاشارة المناظرة للعناصر النيرة اكثر من فلطية الاشارة المناظرة للعناصر القاتمة ، فان قطبية الاشارة تعتبر موجبة .



الشكل ٨ - ٢ . تكوين اشارة الصورة

وتولد انواع معينة من انابيب التصوير اشارة صورية ذات قطبية سالبة .  
واذا سلطنا مثل هذه الاشارة على الكترود تحكم انبوب الصورة ، تتكون على  
شاشته صورة سالبة ، اى ان التفاصيل النيرة تصبح قاتمة ، والتفاصيل القاتمة  
تصبح نيرة .

وتتبدل قطبية الاشارة بعد تكبيرها فى كل مرحلة تكبير ذات كاثود  
مشترك ، فتصبح موجبة او سالبة حسب عدد مراحل التكبير . وتسلب الاشارة  
على الكترود تحكم انبوب الصورة اذا كانت قطبيتها موجبة ، وتسلب على  
كاثود الانبوب اذا كانت قطبيتها سالبة .

ويوضح الشكل ٨-٢ عملية تكوين الاشارة فى حالة تلفزة صورة  
بسيطة تتضمن فقط اربع درجات للنصوع (الشكل أ) .

وعند تلفزة هذه الصورة تتكون على لوح هدف انبوب التصوير صورة  
شحنات مناظرة لها ، ويقوم الشعاع الالكترونى بمسح هذه الصورة بخطوط  
متعاقبة ، بتأثير تيار سن المنشار المار فى ملفات الانحراف (الشكل ب) .  
ونتيجة لذلك تتكون اشارة مناظرة للصورة المتلفزة ذات قطبية سالبة (الشكل  
ج) او قطبية موجبة (الشكل د) .

لنتأمل الاشارة الصورية ذات القطبية السالبة (الشكل ج) ، فى فترة  
مسح الخط AB (الشكل أ) .

ان مستوى الاشارة فى لحظات ارسال اكثر تفاصيل الصورة نصوعا  
(ارضية الصورة ونافذة المنزل) يسمى مستوى الالبيض . ويسمى مستوى  
الاشارة فى لحظات ارسال اكثر تفاصيل الصورة اظلاما (الحائط الواقع فى  
الظل) مستوى الاسود . ويتراوح مستوى الاشارة فى لحظات ارسال عناصر  
الصورة ذات النصوع الوسطى (العناصر الرمادية) بين المستويين  
المذكورين .

ويجرى ارسال اشارة الصورة خلال فترات المسح الفعال فقط ، بينما  
تستخدم فترات الارتداد لارسال نبضات التزامن . وترسل هذه النبضات فى  
منطقة «أسود من الاسود» من اجل تسهيل فصلها عن اشارة الصورة فى جهاز  
الاستقبال .

وطالما ان فلتية اشارة الصورة المتولدة على مقاومة حمل انبوب التصوير التلفزيونى ضئيلة جدا ( اجزاء من مئة من الفولط ) ، فان ارسال مثل هذه الاشارات الضعيفة ، حتى مسافات تبلغ عدة امتار ، غير ممكن عمليا بدون تكبيرها ، لأن فلتية التشويشات المستحثة فى الكابل الذى ينقل الاشارة تقارب فلتية هذه الاشارة . ويضاف الى ذلك انه من المستحيل التوفيق بين القيمة القليلة للمعاوقة المميزة للكابل والقيمة الكبيرة لمقاومة حمل انبوب التصوير التلفزيونى . ولذلك من الضرورى وضع مراحل التكبير الاولى عند انبوب التصوير التلفزيونى مباشرة .

### البند ٨ - ٣ المركبة المستمرة لاشارة الصورة

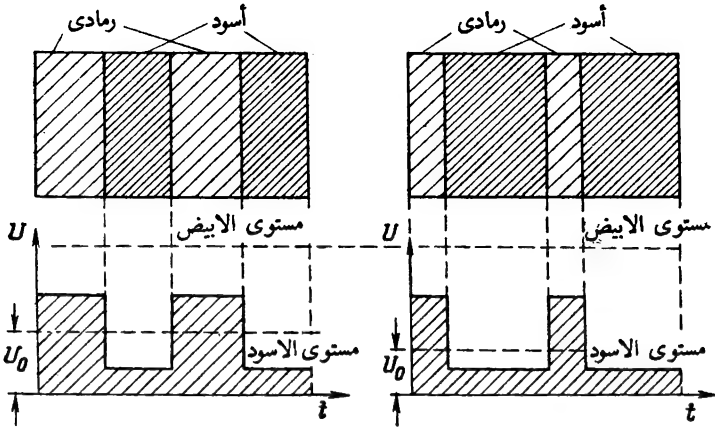
لنفترض ان الصورة المتلفزة تألف من اشربة رأسية سوداء ورمادية . وتكون اشارة الصورة فى هذه الحالة ، كما هو معروف ، عبارة عن نبضات يتحدد ترددها بعدد الاشربة السوداء والبيضاء  $m$  وعدد خطوط المسح وتردد الاطار  $n$  :

$$f = \frac{m}{2} Z n$$

وكما تتميز اشارة الصورة بتردها ، تتميز ايضا بقيمتها الوسطى المسماة بالمركبة المستمرة ( مركبة التيار المستمر ) .

ويبين الشكل ٨ - ٣ كيف تتغير المركبة المستمرة تبعا لمحتوى الصورة . فهى تزداد بازدياد مساحة العناصر الأكثر نصوعا ، والعكس بالعكس . ويبين الشكل ٨ - ٤ تغير المركبة المستمرة عند تغير شدة اضاءة المنظر المتلفز . وعندما تزداد شدة الاضاءة ، تصبح التفاصيل السوداء رمادية والتفاصيل الرمادية بيضاء ، وبذلك تزداد المركبة المستمرة . وتقل هذه المركبة اذا انخفضت شدة الاضاءة .

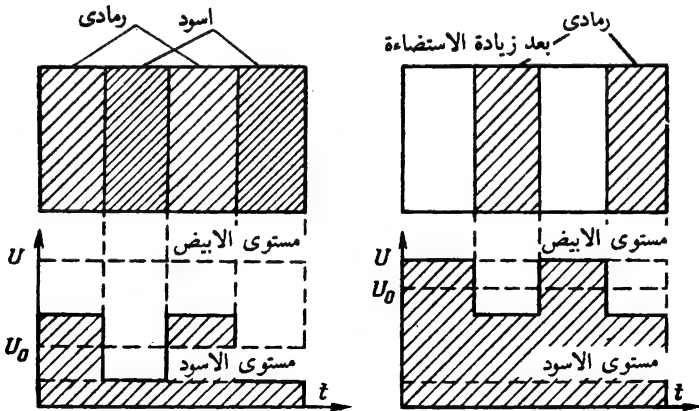
واذا كانت الاشياء المتلفزة ساكنة ، ومضاءة بشدة ثابتة ، فان المركبة المستمرة لاشارة الصورة تبقى ثابتة وتساوى القيمة الوسطى للاشارة خلال فترة مسح عدة اطارات .



الشكل ٨ - ٣ . تابعة المركبة المستمرة للإشارة الصورية لمحتوى الصورة

أما إذا تغيرت استضاءة المنظر المتلفز ، او محتواه ، فإن المركبة المستمرة تتغير أيضا . ولكن هذا التغير يحدث عادة بتردد منخفض جدا ، يتراوح بين الصفر و ٢-٣ هرتز . وتسمى هذه الترددات « ترددات صفرية » . وهكذا تتضمن إشارة الصورة مركبتين :

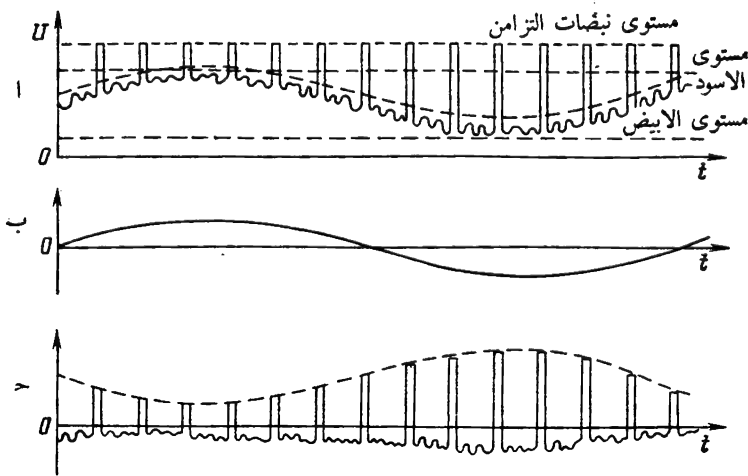
(١) مركبة مترددة ، يتحدد ترددها بكمية تفاصيل الصورة ، ويتحدد اتساعها بتباين الصورة (النسبة بين أقصى نصوع وأدنى نصوع) ؛



الشكل ٨ - ٤ . تابعة المركبة المستمرة لاستضاءة المنظر

٢) مركبة مستمرة تعتمد على متوسط استضاءة المنظر ومحتواه ، وتغير ببطء شديد . وتستخدم لتكبير اشارة الصورة مكبرات مقترنة (مربوطة) بمكثفات ومقاومات . ولكي تمرر دوائر التقارن (الربط) ترددات المركبة المستمرة ، يجب ان يكون الثابت الزمني لكل منها هائلا جدا ، اى ينبغي ان تكون سعة كل من المكثفات القارئة كبيرة جدا ، لدرجة انها لا يمكن ان تستخدم عمليا . وتقرن مكبرات الاشارة الصورية عادة بدوائر تقارن ذات ثابت زمني صغير نسبيا ، مما يؤدي حتما الى فقد المركبة المستمرة . واذا لم تستخدم وسائل خاصة لاستعادة هذه المركبة ، فان نصوع «الايض» و «الاسود» فى الصورة المتكونة على شاشة جهاز الاستقبال يتغير من حين الى آخر اثناء الارسال ، بحيث يعاد انتاج المناظر «النهارية» و «الليلية» (عند تلفزة الافلام السينمائية مثلا) على نحو غير صحيح .

ويمكن ارسال المركبة المستمرة دون تشويه بتكبير الاشارة الصورية بمكبرات التيار المستمر (اى المكبرات المقترنة مباشرة دون مكثفات) . ولكن الصعوبات الكثيرة التى تنشأ عند استخدام مكبرات التيار المستمر تجعل من الافضل ارسال مركبة التيار المستمر بطرائق غير مباشرة .



الشكل ٨ - ٥ . تشوه اشارة الصورة نتيجة لفقد المركبة المستمرة : أ - اشارة الصورة ؛  
ب - المركبة المستمرة لاشارة الصورة ؛ ج - المركبة المترددة لاشارة الصورة



ويعاد انتاج الصورة المتلفزة بنسب نصوعية صحيحة بثبيت او « ققط » مستوى الاشارة الصورية اثناء كل اطار عند قيمة واحدة مرجعية . وتستخدم محطات التلفزيون كمستوى مرجعى مستوى الاسود او مستوى نبضات الاطفاء . ويتم « الققط » اوتوماتيا بواسطة دوائر خاصة تسمى دوائر استعادة المركبة المستمرة ، او مستعيدات التيار المستمر .

ويبين الشكل ٨ - ٥ تشوه الاشارة نتيجة لفقد المركبة المستمرة . ويوضح الشكل ج ان قمم نبضات التزامن فى الاشارة التى فقدت المركبة المستمرة ليست على مستوى واحد . ولكن يمكن تثبيت هذه القمم عند مستوى واحد بواسطة الدوائر الخاصة المشروحة فى الفصل ١٣ ، وبذلك يستعاد شكل الاشارة الصورية ويعاد انتاج المركبة المستمرة بدون تشويه .

#### البند ٨ - ٤ تركيب النبضات الافقية

تستخدم نبضات التزامن الافقى للتوفيق الزمنى بين عمليتى الانحراف الافقى فى انبوب التصوير وانبوب الصورة . وينبغى ان يكون امد كل من تلك النبضات اقل من فترة الارتداد الافقى .

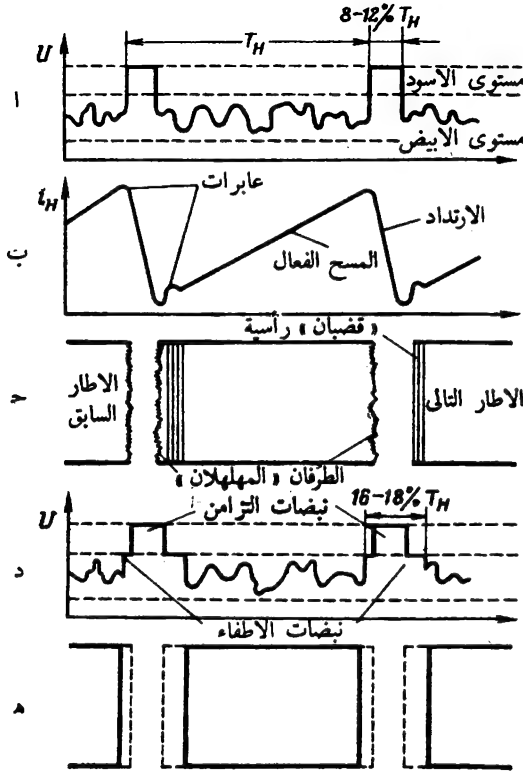
وطالما ان فترة الارتداد لا تستخدم لارسال اشارة الصورة ، فمن الافضل ان تكون اقل ما يمكن . ولكن مولدات المسح المحملة بملفات الانحراف ( فى حالة الانحراف المغنطيسى ) لا تسمح بجعل فترة الارتداد اقل من ٨ - ١٢ ٪ من فترة المسح الافقى . ويفسر ذلك بعاملين :

( ١ ) عندما تكون فترة الارتداد قصيرة جدا تنشأ فى ملفات الانحراف ذبذبات عابرة شديدة ؛

( ٢ ) عندما يكون امد نبضات التزامن الافقى قصيرة جدا ، تقل حصانة دوائر التزامن فى اجهزة الاستقبال ضد التداخلات .

وينبغى ان تكون حافات نبضات التزامن حادة باقصى درجة ممكنة ، كما من الضرورى ان يكون اتساع النبضات ( ارتفاعها ) ثابتا ( الشكل ٨ - ٦ ، أ ) .

ويفسر ذلك بأن الحافة الامامية (المتقدمة) لكل من نبضات التزامن تحدد لحظة انتهاء فترة المسح الافقى الفعال وبداية فترة الارتداد .



الشكل ٨ - ٦ . تركيب النبضات الافقية

وتؤدي الذبذبات العابرة التي تنشأ في ملفات الانحراف الافقى اثناء فترة الارتداد الى اختلال خطية استقامة تيار الانحراف الافقى في بداية فترة المسح الفعال (الشكل ٨ - ٦ - ب) ، فتظهر عند الطرف اليسر لاطار الصورة ثنائيا (« قضبان ») رأسية ، كما يبدو جانبا الاطار مهلهلين او ممزقين (الشكل ٨ - ٦ - ج) . ولكي تصبح هذه التشوهات غير ظاهرة ، ينبغي اطفاء الشعاع الالكتروني خلال فترة تبدأ قبل انتهاء وقت المسح الفعال

وتنتهى بعد بداية دورة المسح التالية . ويتم ذلك بارسال نبضات خاصة للاطفاء (الاطلام) بأمد اطول من امد نبضات التزامن . ويبلغ امد كل نبضة من نبضات الاطفاء الافقى ١٦ - ١٨ ٪ من مدة دورة المسح الافقى (الشكل ٨ - ٦ - د) . ويختار مستوى نبضات الاطفاء على مستوى الاسود ، وهو ويسمى احيانا مستوى القاعدة (بيدستال) لأن كل نبضة اطفاء تستخدم كقاعدة تركب عليها نبضة التزامن المناظرة .

ولكى لا يظهر تأثير الذبذبات العابرة فى بداية خط المسح ، ينبغي ان تتخلف نهاية نبضة الاطفاء عن نهاية نبضة التزامن مدة اطول من المدة التى تسبق بها بداية نبضة الاطفاء بداية نبضة التزامن ، اى ينبغي ان تركب نبضة التزامن على نبضة الاطفاء ، بحيث تكون اقرب الى حافتها الامامية . وينجم عن استخدام نبضة الاطفاء ان يقل عرض الهيكل الخطى (الشكل ٨ - ٦ - هـ) .

ويستغنى احيانا عن النبضات الخاصة بالاطفاء لتبسيط شكل الاشارة التلفزيونية ، ومن ثم لتبسيط اجهزة الارسال ، كما فى التلفزيون التطبيقى . وفى تلك الحالة تقوم نبضات التزامن بدور نبضات الاطفاء ، وتهمل الذبذبات العابرة الناشئة فى فترات الارتداد .

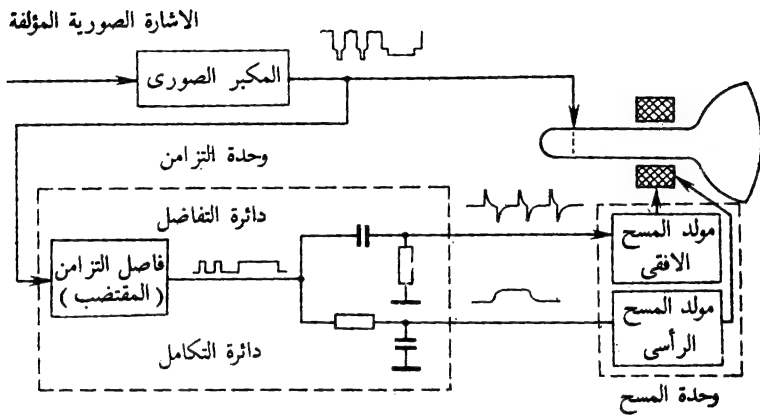
## البند ٨ - ٥ تركيب النبضات الرأسية فى حالة المسح التقدمي

ان النبضات الرأسية تتميز عن النبضات الافقية فى ابسط الحالات بأمدها فقط . وتشغل نبضة التزامن الرأسى فترة مسح عدة خطوط ، ويساوى امدها حوالى ٣ - ٥ ٪ من مدة دور المسح الرأسى . وتشغل نبضة الاطفاء الرأسى ٦ - ٨ ٪ من مدة دور المسح الرأسى .

ولكن من الضرورى لضمان استقرار التزامن مولد الانحراف الافقى احداث شرشات (ثغرات) خاصة فى نبضة التزامن الرأسى ، كما سنوضح بتفصيل فيما بعد .

## البند ٨-٦ فصل نبضات التزامن في جهاز الاستقبال التلفزيوني

يبين الشكل ٨-٧ رسماً تخطيطياً لمراحل أبسط جهاز للاستقبال التلفزيوني ، لا يحتوي على قسم الترددات اللاسلكية ، بل تأتي الإشارة الصورية المؤلفة إليه سلكياً ( عن طريق كابل ) .

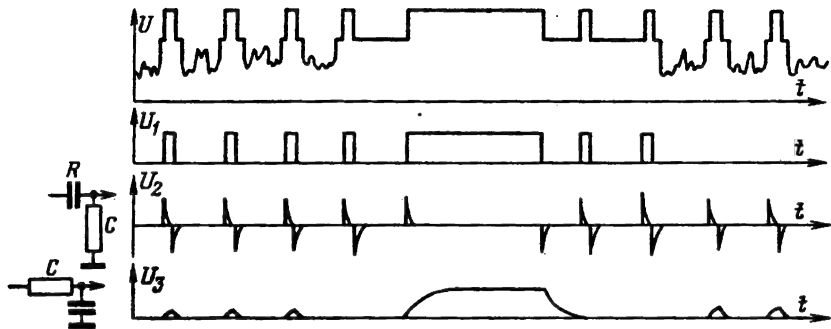


الشكل ٨-٧ . رسم تخطيطى لمراحل جهاز استقبال تلفزيونى ( بدون قسم الترددات اللاسلكية )

وبعد تكبير الإشارة الصورية المؤلفة ، تسلط على انبوب الصورة : على الكترود التحكم اذا كانت موجبة القطبية ، او على الكاثود اذا كانت سالبة القطبية . وهكذا يجري تعديل نصوص شاشنة انبوب الصورة تبعاً للإشارة الصورية . وتكفل نبضات الاطفاء الأفقية والرأسية اطفاء الشعاع الالكترونى فى فترات الارتداد .

وتسلط الإشارة الصورية المؤلفة من خرج المكبر الصورى ايضا على مكبر محدد (مقتضب) للاتساع يسمى فاصل التزامن . وهو يقوم بفصل إشارة التزامن على اساس كونها مرسله فى منطقة « اسود من الاسود » . ويتم فصل نبضات التزامن الأفقية والرأسية من إشارة التزامن بواسطة مرشحين يعدلان بطريقة الفصل حسب الامد (الفصل الترددي) . وتستخدم النبضات الأفقية والرأسية المفصولة للتحكم فى عمل مولدي الانحراف الأفقى والرأسى .

وبين الشكل ٨-٨ فصل نبضات التزامن فى حالة أبسط شكل  
 لنبضة التزامن الرأسى ( اى النبضة الخالية من « الشرشات » ).  
 ويتم فصل النبضات الافقية بواسطة دائرة تفاضل (الدائرة  $CR$  على  
 الشكل ج ) ، ثابتها الزمنى يساوى حوالى ٠,٢ من امد نبضة التزامن الافقية .



الشكل ٨-٨ . فصل نبضات التزامن عن الإشارة الصورية المؤلفة : أ- الإشارة الصورية المؤلفة ؛  
 ب- إشارة التزامن المؤلفة الخارجة من فاصل التزامن (مقتضب الاتساع) ؛ ج- خرج دائرة  
 التفاضل ؛ و- خرج دائرة التكامل

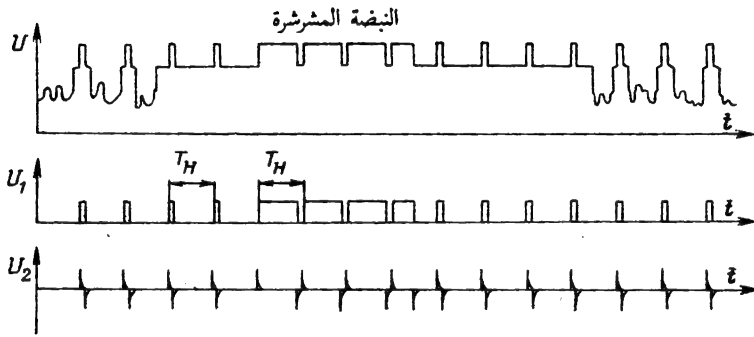
وكل نبضة مستطيلة تعطى على مقاومة دائرة التفاضل ( $R$ ) نبضتين حادتين :  
 نبضة موجبة نتيجة لتفاضل الحافة الامامية ( اى نتيجة للشحن السريع للمكثف  
 $C$  ) ونبضة سالبة نتيجة لتفاضل الحافة الخلفية ( اى نتيجة للتفريغ السريع  
 للمكثف  $C$  ) . وتنتج مثل هاتين النبضتين عن تفاضل كل نبضة تزامن افقى ،  
 كما تنتج ايضا عن تفاضل نبضة التزامن الرأسى .

وتتم مزامنة مولد الانحراف الافقى فى جهاز الاستقبال بواسطة نبضات  
 حادة ذات قطبية معينة : اما موجبة او سالبة . وتستخدم عادة النبضات الحادة  
 ذات القطبية الموجبة .

وتستخدم لفصل نبضات التزامن الرأسية دائرة تكامل ( $RC$  الدائرة  
 على الشكل د ) ، ثابتها الزمنى يساوى تقريبا مدة دور المسح الأفقى . وطالما  
 ان امد نبضات التزامن الافقية اقل كثيرا من الثابت الزمنى للدائرة التكامل ،  
 فهى تشحن مكثف هذه الدائرة بفلطية قليلة جدا ، مكونة عليه نبضات ذات

قيمة ذروة صغيرة جدا . اما نبضات التزامن الرأسية ، فهي ذات امد اكبر مرتين - ثلاث من الثابت الزمني لدائرة التكامل ، ومن ثم تشحن مكثف هذه الدائرة شحنا تاما ، مكونة عليه فى فترات تأثيرها نبضات مماثلة لها تقريبا . ولما كانت الاشارة الصورية المؤلفة ، الممثلة فى الشكل ٨-٨ (بخطية سالبة) ، لا تحتوى اثناء فترة تأثير نبضة التزامن الرأسية على نبضات افقية ، فان النبضات الافقية المفصولة عن مثل تلك الاشارة تنقطع اثناء فترة تأثير نبضة التزامن الرأسية ، ولذلك يختل تزامن مولد الانحراف الافقى فى هذه الفترة (اذ يكون فى هذه الفترة « طليق الحركة ») . ويستمر اختلال التزامن الافقى فى تلك الحالة حتى مرور فترة مسح عدة خطوط من بداية الاطار .

يمكن الحفاظ على استمرار تزامن مولد الانحراف الافقى باحداث « ثغرات » او « شرشات » فى كل نبضة تزامن رأسى (الشكل ٨-٩) ،



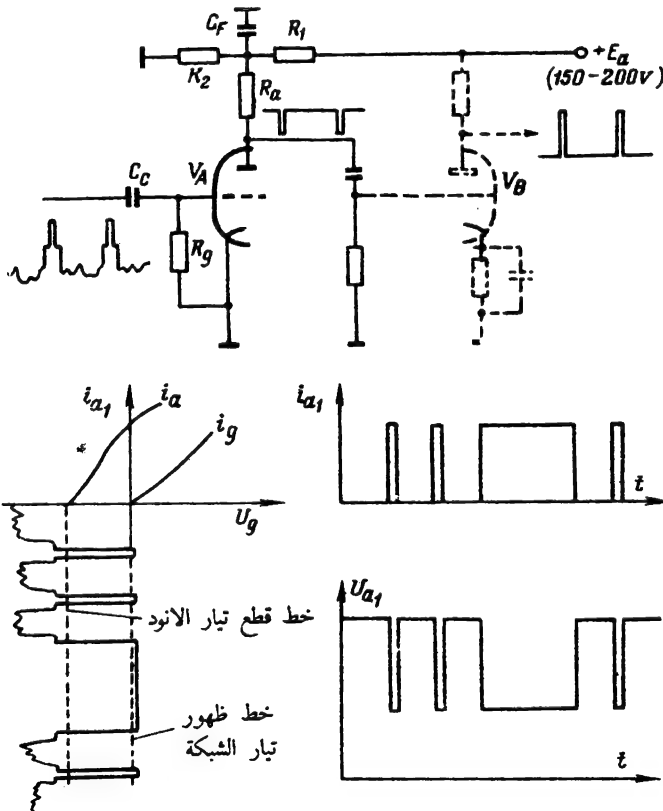
الشكل ٨-٩ . استمرار مزامنة مولد المسح الافقى فى حالة استخدام نبضة تزامن رأسى مشرشرة

اى بتقسيمها الى عدة نبضات (كالشرشات او الاسنان) . وفى هذه الحالة يتم تزامن مولد الانحراف الافقى بكل من النبضات (الموجة) الناتجة عن تفاضل الحافات الامامية لنبضات التزامن الافقى والحافات الامامية للنبضات العريضة المكونة لنبضة التزامن الرأسى المشرشرة (اى الحافات الخلفية لثغرات هذه النبضة) .

## البند ٨ - ٧ المرحلة الفاصلة لاشارة التزامن

ان المرحلة الفاصلة هي اساسا عبارة عن دائرة مقتضب (محدد اتساع) يعمل بصمام او ترانزستور .

ويبين الشكل ٨ - ١٠ ابسط دائرة لفاصل التزامن ، يستخدم فيها صمام ثلاثي يعمل بمبدأ التحديد الشبكي . وفلظية انحياز شبكة الصمام في الحالة الاصلية ( قبل تسليط الاشارة عليها ) تساوى الصفر . فاذا سلطنا عليها اشارة صورة مؤلفة سالبة القطبية ، فان جهد الشبكة يصبح موجبا في فترات تأثير



الشكل ٨ - ١٠ . فاصل لاشارة التزامن يعمل بصمام ثلاثي: أ - دائرة فاصل التزامن ( وقد بينت عند دخله وخرجه نبضات التزامن الافقى فقط توخيا للبساطة ) ؛ ب - المنحنى المميز والاشكال الموجية ( وقد بينت نبضات التزامن الرأسى غير مشرشرة توخيا للبساطة )

نبضات التزامن ، ومن ثم تصبح المقاومة بين الشبكة والكاثود فى تلك الفترات صغيرة جدا ( حوالى ١ - ٢ كيلو اوم ) . وهكذا تقوم نبضات التزامن بشحن المكثف القارن  $C_0$  شحنا سريعا ( بتيار الشبكة الذى يمر فى فترات تأثيرها ) . وبعد انتهاء فترة تأثير كل من نبضات التزامن ، يصبح جهد الشبكة ( الفرق بين جهد الاشارة وفلطية المكثف القارن ) سالبا ، فينقطع تيار الشبكة ويبدأ تفريغ المكثف القارن  $C_0$  عن طريق مقاومة التسرب الشبكي  $R_g$  . وتؤدى فلطية المكثف  $C_0$  دور فلطية انحياز تجعل نقطة التشغيل تتزاح على منحني خصائص الانود والشبكة ( المنحني  $i_a - u_g$  ) الى اليسار . وينجم عن ذلك ان يستقر عمل الصمام بحيث يكون جهد الشبكة فى فترة تأثير كل من نبضات التزامن مساويا للصفر ، اى تصبح قمم نبضات التزامن على مستوى ينطبق على حد ظهور تيار الشبكة ، كما لو انه يحدث « قمت » او تثبيت لتلك القمم عند ذلك المستوى . وفى هذه الحالة تصبح اشارة الصورة ونبضات الاطفاء وراء ( يسار ) نقطة قطع تيار الانود .

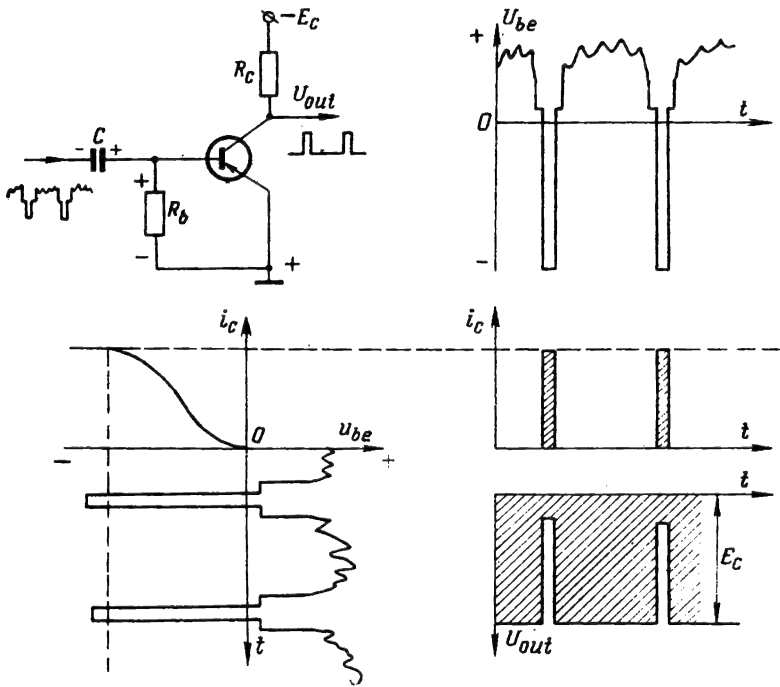
وينتج عن ذلك الا يظهر تيار الانود الا فى فترات تأثير نبضات التزامن فقط ، فتكون على الانود نبضات جهد مناظرة لها . وبذلك يتم فصل اشارة التزامن باتساع ثابت وقطبية سالبة . ويمكن الحصول على قطبية موجبة باستخدام النصف الثانى ( $V_B$ ) للصمام الثلاثى المزدوج كمكبر عاكس للطور . ويكون اتساع الاشارة الصورية المسطرة على دخل الصمام الفاصل عادة حوالى ٣٠ - ٤٠ فولط ، بحيث يكون اتساع نبضات التزامن ٨ - ١٠ فولط . ولكي يعمل فاصل التزامن باستقرار ، يجب ان يكون الصمام ذا فلطية قطع مساوية ٠,٥ - ٠,٧ من اتساع نبضات التزامن ، اى ٤ - ٥ فولط . ويتطلب ذلك تخفيض الفلطية المسطرة على الانود لازاحة منحني خصائص الصمام الفاصل ( المنحني  $i_a - u_g$  ) نحو اليمين . ولذلك يستخدم مقسم الفلطية المؤلف من المقاومتين  $R_1$  ،  $R_2$  ( ويمكن احيانا الاكتفاء بالمقاومة  $R_1$  فقط ، وهى تشكل مع المكثف  $C_F$  مرشحا لفلك التقارب ) .

ويعمل فاصل التزامن فى اجهزة التلفزيون العصرية عادة بالصمام الخماسى الذى يمتاز عن الصمام الثلاثى بأنه ذو ساعات طفيلية وفلطية قطع اقل وذو



عامل تكبير اكبر . ويؤدى تقليل السعات الطفيلية الى زيادة حدة حافات نبضات التزامن فى خرج فاصل التزامن .

وتتميز الدوائر الفاصلة التى تعمل بالترانزستورات عن تلك التى تعمل بالصمامات بأن التحكم فى تيار المجمع لا يتم بالتحكم فى جهد القاعدة ، وانما بالتحكم فى تيارها . وينبغى تصميم دائرة الترانزستور الفاصل بحيث يصبح فى حالة توصيل كلما اثرت عليه نبضة تزامن . ولذلك يستخدم ترانزستور طراز  $p-n-p$  اذا كانت الاشارة الصورية المؤلفة موجبة القطبية ، ويستخدم ترانزستور طراز  $n-p-n$  اذا كانت سالبة القطبية .



الشكل ٨ - ١١ . فاصل لاشارة التزامن يعمل بترانزستور

ويبين الشكل ٨ - ١١ دائرة مبسطة لفاصل التزامن ذى الترانزستور  $p-n-p$  . وفى حالة غياب لاشارة الصورية المؤلفة تكون القطبية بين القاعدة والباعث مساوية الصفر ، فيكون تيار القاعدة مساويا للصفر ، ومن ثم يكون

الترانزستور في حالة قطع . وعند تسليط الإشارة الصورية المؤلفة على قاعدة الترانزستور بقطبية موجبة يصبح جهد القاعدة سالبا في فترات تأثير نبضات التزامن ، فيصبح الترانزستور في تلك الفترات في حالة توصيل . وفي هذه الحالة يتم شحن المكثف القارن  $C$  بتيار القاعدة بسرعة (لأن المقاومة بين القاعدة والباعث في حالة التوصيل صغيرة جدا) . وبعد انتهاء فترة تأثير كل نبضة تزامن ، تتبدل حالة الترانزستور من التوصيل الى القطع بتأثير فلطية المكثف  $C$  ، اذ ان جهد القاعدة (الفرق بين جهد الإشارة وفلطية المكثف) يصبح موجبا ، ويبدأ تفريغ المكثف  $C$  عن طريق المقاومة  $R_b$  . وينبغي تصميم الدائرة بحيث يتم تحديد (اقتضاب) نبضات التزامن من الاعلى والاسفل : بقطع تيار المجمع في الفترات الفاصلة بين نبضات التزامن وباشباع هذا التيار في فترات تأثير نبضات التزامن . وطالما ان مقاومة دخل فاصل التزامن الذي يعمل بالترانزستور صغيرة القيمة ، فمن الضروري اضعاف تأثيرها على مصدر الإشارة . ولهذا تؤخذ الإشارة من تفرعة لحمل المكبر الصوري وتسلط على دخل الترانزستور الفاصل عن طريق مقاومة هبوط (مقاومة عازلة) . وتستخدم لذلك احيانا مرحلة توفيق خاصة . ويتم عادة الحصول على الاتساع الضروري لإشارة التزامن بعد فصلها، بتكبيرها بمرحلة تلي فاصل التزامن . ويجدر ان نضيف اخيرا ان حصانة الاستقبال التلفزيوني ضد التداخلات تتوقف الى درجة كبيرة على عمل فاصل التزامن . وستعرض لطرائق تحسين حصانة الدوائر الفاصلة ضد التداخلات في الفصل العاشر .

## البند ٨ - ٨ الشكل الموجي لإشارة التزامن المؤلفة ، في حالة المسح المتشابك

كما سبق ان بينا في الفصل السابع ، يتطلب المسح المتشابك مزامنة مولدات المسح الافقي والرأسي باحكام ، كما يتطلب ان يكون العدد الاسمي لخطوط المسح عددا فرديا .

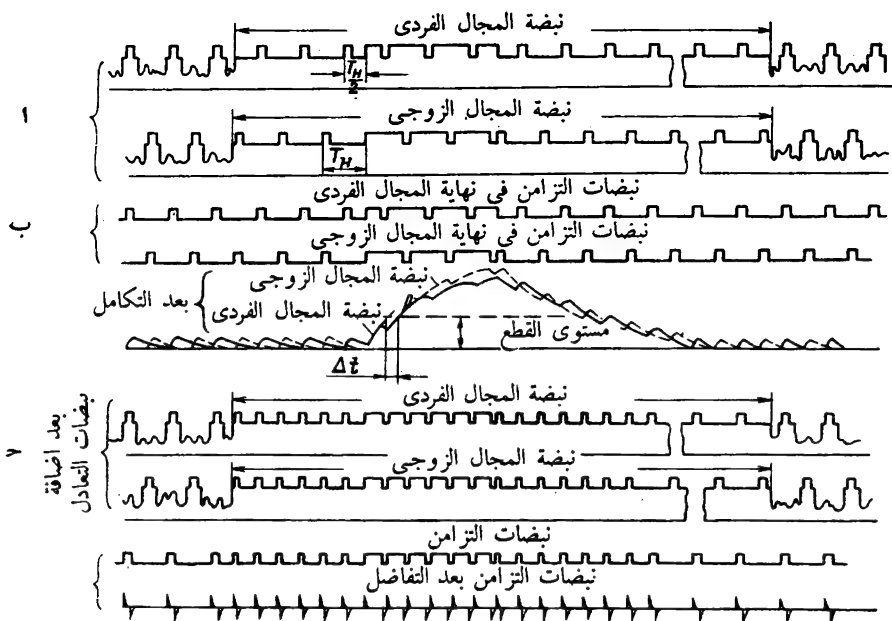
لتأمل الشكل الموجي لاشارة التزامن المؤلفة ، في حالة المسح المتشابك .  
 وليكن ذلك ، على سبيل المثال ، وفقا للنظام التلفزيونى السوفييتى والاوربى .  
 ان البارامترات الاساسية للاشارة الصورية المؤلفة ، هى بموجب ذلك  
 النظام :

العدد الاسمى للخطوط	$Z = 625$
عدد الاطارات فى الثانية	$n = 25$
عدد المجالات فى الثانية	$2n = 50$
أمد نبضة التزامن الرأسى	$3T_H$
الفترة الفاصلة بين الحافة الامامية	
لنبضة التزامن الرأسى والحافة الامامية	
لنبضة الإطفاء الرأسى	$3T_H$

وتتم مزامنة مولد الانحراف الرأسى لشعاع انبوب الصورة بالحافة الامامية  
 لكل من نبضات التزامن الرأسى . وتحدد هذه الحافة تحديدا قسريا (جاسئا)  
 لحظة بدء فترة الارتداد الرأسى .

وطالما ان من الضرورى ان يكون العدد الاسمى للخطوط  $Z$  فى حالة  
 المسح المتشابك عددا صحيحا وفرديا ، فان الحافة الامامية لاحدى نبضات  
 التزامن الرأسى ينبغى ان تنطبق على احدى نبضات التزامن الافقى ، بينما  
 يجب ان تكون نبضة التزامن الرأسى التالية ( المناظرة لمجال المسح التالى )  
 متزاحة عن اقرب نبضة تزامن افقى بفترة  $\frac{T_H}{2}$  . ولكى تكون مزامنة مولد الانحراف  
 الافقى مستمرة ، يجب احداث شرشات فى نبضة التزامن الرأسى ، بحيث  
 تصبح محتوية على نبضات ضيقة (ثغرات) متتالية بفترة تساوى  $T_H$  .  
 ويؤدى ذلك الى اختلاف تركيب نبضتى التزامن الرأسى المناظرتين لمجالى

• مسح الخطوط الفردية والخطوط الزوجية ، كما يتضح من الشكل ٨ - ١٢  
 ( أ ، ب ) . ويفسر ذلك الاختلاف بان نبضة تزامن المجال الفردى تبدأ  
 بعد نبضة التزامن الافقى بفترة  $\frac{T_H}{2}$  . ولهذا تكون النبضة العريضة الثانية ( الثغرة



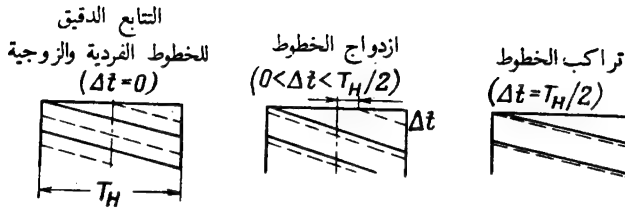
الشكل ٨ - ١٢ . تركيب الإشارة الصورية المؤلفة في حالة المسح المتشابك

الاولى) في النبضة المشرشرة المناظرة للمجال الفردى متزاحة عن الحافة الامامية لهذه النبضة بفترة  $\frac{T_H}{2}$  .

وينجم عن ذلك ان تكون الحافة الامامية للنبضة الناتجة عن تكامل نبضة تزامن المجال الفردى اقل حدة من الحافة الامامية للنبضة الناتجة عن تكامل نبضة تزامن المجال الزوجى . ولذلك يتوقف المسح الفعال للخطوط الزوجية في لحظة مبكرة نسبيا ، بحيث تكون المدة التي يجرى خلالها المسح الفعال للمجال الزوجى اقل من مدة المسح الفعال للمجال الزوجى . ويؤدي ذلك الى اختلال التتابع الدقيق للخطوط الفردية والزوجية ، فيحدث « ازدواج » (الشكل ٨ - ١٣) بدلا من والتشابك .

ويمكن جعل نبضتي تزامن المجالين الفردى والزوجى متشابهتي التركيب بتقسيم (شرشرة) كل منها الى ست نبضات عريضة متشابهة ، مدة دورها  $\frac{T_H}{2}$  . ولكن بداية نبضة التزامن المشرشرة ، المناظرة للمجال الفردى ، تبقى متزاحة عن اخر نبضة تزامن افقى سابقة لها ، بفترة  $\frac{T_H}{2}$  ، بينما تبقى بداية

النبضة المشرشرة المناظرة للمجال الزوجي متزاحة بفترة  $T_H$  . وينجم عن ذلك أن تبقى نبضتا تزامن المجالين الفردى والزوجى ، بعد تكاملهما ، مختلفتين فى حدة الحافة الامامية ، لأن الفترة الفاصلة بين بداية نبضة تزامن المجال



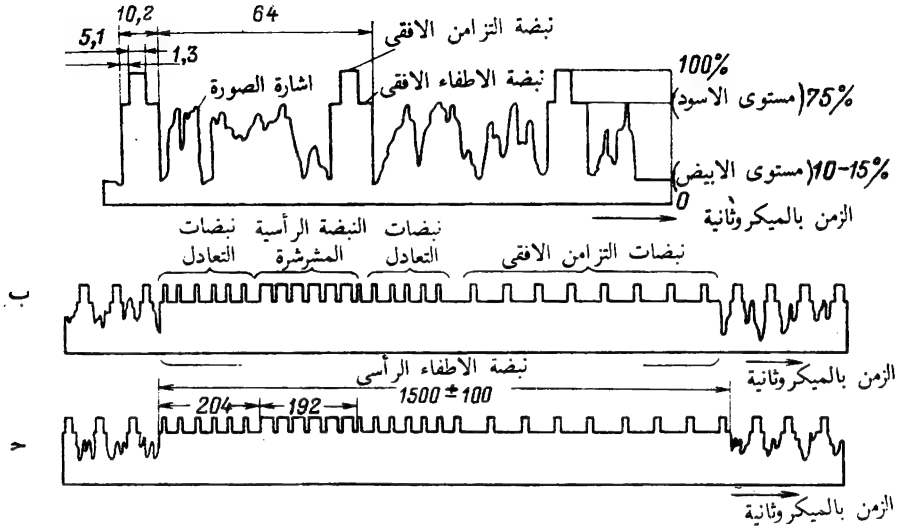
الشكل ٨-١٣ . ازدواج الخطوط الفردية والزوجية عند اختلال تزامن مولد الانحراف الرأسى لشعاع انبوب الصورة ( فى حالة عدم وجود نبضات التعادل )

الفردى ونبضة التزامن الافقى السابقة لها غير كافية لتفريغ مكثف دائرة التكامل لكل شحنته .

ولكى يتم التابع الدقيق للخطوط الفردية والزوجية ، تستخدم نبضات التعادل ( الشكل ٨-١٢ ) ، التى هى عبارة عن ست نبضات تسبق نبضة التزامن الرأسى المشرشرة ، وست نبضات تليها ، ومدة دورها هى  $\frac{T_H}{2}$  ، اى تردد تكرارها هو ضعف تردد المسح الافقى ( $2f_H$ ) . ويختار امد كل من نبضات التعادل والنبضات الضيقة (الثغرات) التى تتضمنها نبضة التزامن الرأسى المشرشرة اقل مرتين من امد كل من نبضات التزامن الافقى . ويتم مزامنة مولد الانحراف الافقى بنبضة واحدة من كل نبضتين متتاليتين من نبضات التعادل والنبضات العريضة المكونة لكل نبضة رأسية مشرشرة ، ويعمل المولد بالنسبة لهذه النبضات ( ذات التردد  $2f_H$  ) كمقسم للتردد على ٢ ، كما مبين فى الفصل العاشر .

ويتضح من كل ما ذكر ان اشارة التزامن المؤلفة ، فى حالة المسح المتشابه ( الشكل ٨-١٤ ) اعقد كثيرا مما هى فى حالة المسح التقدّمى . ولذلك نجد ان مولد نبضات التزامن المستخدم فى محطة التلفزيون فى حالة المسح المتشابه اكثر تعقيدا ، مما هو فى حالة المسح التقدّمى .

واذا كان من الممكن تعقيد محطات الاذاعة التلفزيونية التي تخدم  
مئات الاف وحتى ملايين اجهزة التلفزيون ، فان محطات الارسال المستخدمة  
للتلفزيون التطبيقي ينبغي ان تكون ابسط ما يمكن صيانة وتصميما ، لانها



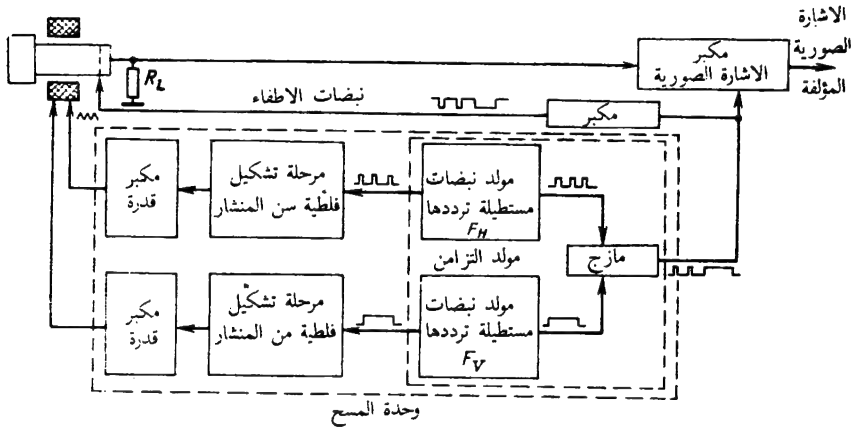
الشكل ٨ - ١٤ . الشكل الموجى للإشارة الصورية المؤلفة ، طبقا للنظام القياسى السوفيتى  
والاوربى : أ - الشكل الموجى للإشارة خلال فترة خطين من خطوط المسح ؛ ب - نبضة تزامن  
المجال الفردى ؛ ج - نبضة تزامن المجال الزوجى

غالبا ما تكون متقلبة . ولذلك تستخدم فى التلفزيون التطبيقي احيانا طريقة  
المسح التقدمى ، كما تستخدم اشكال مبسطة لاشارة التزامن المؤلفة . ويمكن  
تبسيط هذه الاشارة اولاً بالاستغناء عن نبضات الاطفاء ، على ان يجرى  
« الاطفاء » بواسطة نبضات التزامن . ويتم تبسيط اشارة التزامن المؤلفة ايضا  
باستخدام نبضات تزامن رأسى بدون « شرشات » . ويمكن تبسيطها اخيرا  
بعدم ارسال نبضات التزامن الرأسى والاكتفاء بارسال نبضات التزامن الافقى .  
وفى هذه الحالة يتم الحصول على النبضات الرأسية بتقسيم تردد النبضات  
الافقية فى جهاز الاستقبال . ويلزم لذلك تقسيم التردد على  $Z$  ، مما يجعل  
جهاز الاستقبال اكثر تعقيدا .

## البند ٨ - ٩ مولدات التزامن للمسح التقدمي

ان « مولد التزامن » هو الجهاز الذى يولد النبضات التى تتحكم فى عمل اجهزة الارسال والاستقبال التلفزيونى كلها . وعلى جودة عمل مولد التزامن يتوقف عمل المنظومة التلفزيونية كلها .

( ١ ) مولد بسيط لنبضات التزامن : يبين الشكل ٨ - ١٥ رسما تخطيطيا لعملية تشكيل ابسط اشارة تزامن مؤلفة ، للمسح التقدمي ، بدون نبضات



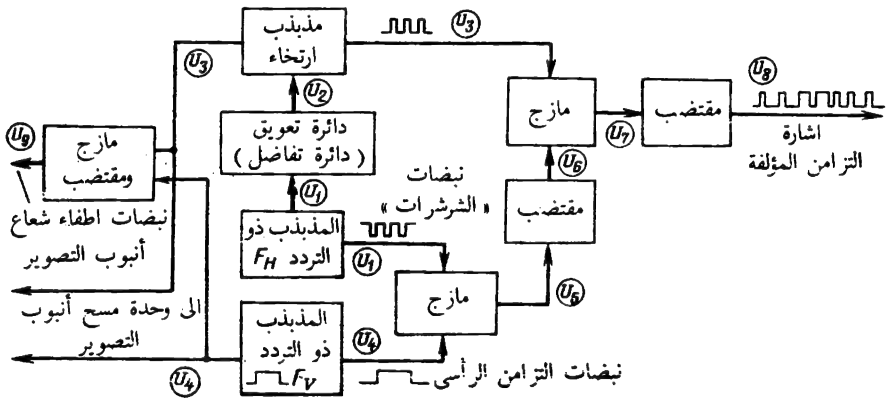
الشكل ٨ - ١٥ . رسم تخطيطي لمراحل تكوين ابسط اشارة صورية مؤلفة

اطفاء وبدون علاقة محكمة (جاستة) بين ترددي المسح الافقى والرأسي . وفى تلك الحالة تقوم بدور مولد التزامن وحدة المسح فى كاميرا التصوير التلفزيوني . ويستخدم مزيج نبضات هذه الوحدة كاشارة تزامن مؤلفة ، كما يستخدم من اجل « اطفاء » شعاع انبوب التصوير .

( ٢ ) مولد تزامن ذو مقسم للتردد : اذا كان من الضروري احكام العلاقة بين الترددين الافقى والرأسي ، ينبغى الحصول على النبضات الرأسية بقسمة تردد النبضات الافقية  $f_H$  على عدد الخطوط  $Z$  .

( ٣ ) مولد نبضات التزامن الرأسى «المشرشرة» : كما سبق ان بينا تتم المزامنة المستمرة لمولد الانحراف الافقى فى جهاز الاستقبال باستخدام

نبضات تزامن رأسى مقسمة (مشرشرة) الى عدة نبضات عريضة تفصل بين حافاتها الامامية فترات تساوى  $T_H$ . وطالما ان الحافات الخلفية للنبضات الضيقة (الثغرات) الموجودة فى كل نبضة رأسية مشرشرة هى نفس الحافات الامامية للنبضات العريضة المكونة لهذه النبضة ، فيمكن اعتبار تلك النبضات الضيقة كنضبات تزامن افقى معكوسة القطبية ومتقدمة زمنا بمدة تساوى امد كل منها . ولما كان تعويق (تأخير) النبضات اسهل من جعلها متقدمة ، لذلك يتم اولا توليد سلسلة النبضات التى تتشكل منها « شرشرات » نبضات التزامن الرأسى ، ثم تتكون منها بعد تعويقها نبضات التزامن الافقى .

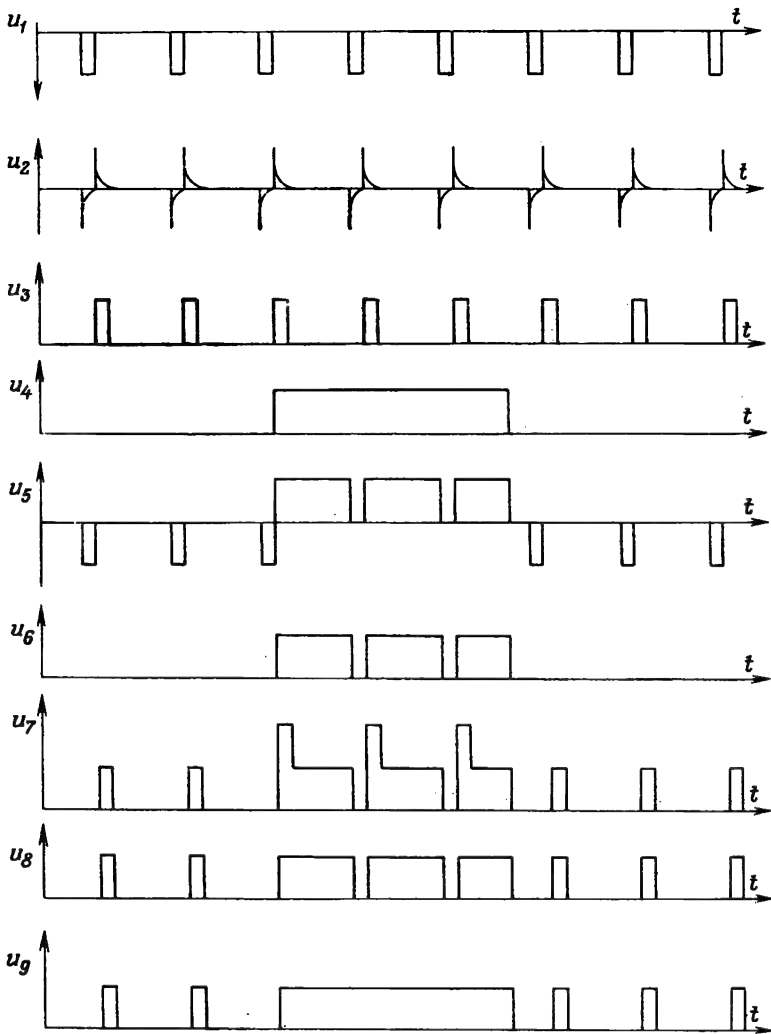


الشكل ٨ - ١٦ . رسم تخطيطى مبسط لمراحل مولد تزامن يشكل نبضات تزامن رأسى « مشرشرة »

وبين الشكل ٨ - ١٦ رسما تخطيطيا مبسطا لمولد تزامن يشكل نبضات رأسية مشرشرة . ويتضح عمل هذا المولد بواسطة الاشكال الموجية الممثلة على الشكل ٨ - ١٧ .

يولد المذبذب ذو التردد  $f_H$  نبضات مستطيلة سالبة  $u_1$  ، تردد تكرارها  $f_H$  . ويولد المذبذب ذو التردد  $f_V$  نبضات مستطيلة موجبة  $u_4$  ، تردد تكرارها  $f_V$  . وتسلط النبضات  $u_1$  والنبضات  $u_4$  على مازج ، فتتكون النبضات  $u_3$  التى تعطى بعد اقتضاها نبضات التزامن الرأسى المشرشرة موجبة القطبية  $u_8$  . وتتشكل نبضات التزامن الافقى  $u_3$  بتعويق سلسلة النبضات  $u_1$  بواسطة دائرة تفاضل ومذبذب استرخاء . وتعطى دائرة التفاضل نبضات حادة  $u_2$  .





الشكل ٨-١٧ . الاشكال الموجية في دائرة مولد التزامن المبين في الشكل ٨-١٦

موجة وسالبة . وتقوم النبضات الحادة الموجبة ( الناتجة عن تفاضل الحافات الخلفية للنبضات  $u_1$  ) بقدرح مذبذب الاسترخاء ، فيعطى النبضات  $u_3$  المعوقة بقدر عرض النبضات  $u_1$  . وتجمع نبضات التزامن الافقى  $u_3$  ونبضات التزامن الرأسى المشرشرة  $u_8$  بواسطة مازج ثم يسלט المجموع على مقتضب يعطى بالنتيجة اشارة التزامن المؤلفة  $u_8$  .

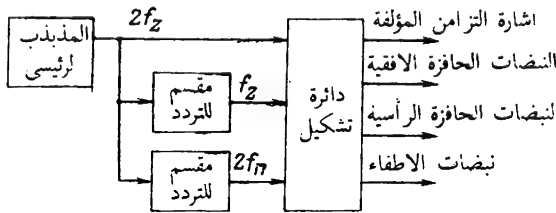
ويستخدم مجموع نبضات التزامن  $u_3$  ،  $u_4$  كنضبات اطفاء  $u_9$  شعاع انبوب التصوير التلفزيوني .

( ٤ ) مولد تزامن يشكل نبضات خاصة للاطفاء : ان مولدات التزامن التي سبق شرحها تولد فقط نبضات تزامن تستخدم في نفس الوقت للمزامنة والاطفاء . اما مولدات التزامن الاكثر كمالا ، فهي تولد بالاضافة الى نبضات التزامن نبضات خاصة للاطفاء ذات امد اطول . وينبغي ان تكون الحافة الامامية لكل نبضة اطفاء متقدمة بالنسبة الى الحافة الامامية لنبضة التزامن التي تركب عليها . وطالما ان تعويق النبضات اسهل من جعلها متقدمة ، لذلك يتم اولا توليد نبضات الاطفاء ، ومنها بعد تعويقها يمكن الحصول على نبضات التزامن .

#### البند ٨ - ١٠ مولدات التزامن للمسح المتشابك

ان الحصول على التابع ( التشابك ) الدقيق للخطوط الفردية والزوجية في حالة المسح المتشابك يتطلب ان يشكل مولد التزامن اشارة التزامن المؤلفة ، من نبضات التزامن الافقي ونبضات التزامن الرأسى المشرشرة ونبضات التعادل ، على ان يكون تردد نبضات التعادل وتردد النبضات العريضة المكونة لكل نبضة رأسية مشرشرة ضعف تردد المسح الافقى .

ويبين الشكل ٨ - ١٨ رسما تخطيطيا مبسطا لمولد التزامن المستخدم في حالة المسح المتشابك .



الشكل ٨ - ١٨ . رسم تخطيطى مبسط لمراحل مولد تزامن يستخدم للمسح المتشابك

يولد المذبذب الرئيسى سلسلة نبضات ذات تردد يساوى ضعف التردد الافقى ( $2f_H$ ) . وتستخدم هذه النبضات كنبضات تعادل ، كما تستخدم لاحداث شرشات فى نبضات التزامن الرأسى . ويقسم تردد نبضات المذبذب الرئيسى ( $2f_H$ ) على ٢ للحصول على النبضات الافقية ، كما يقسم على عدد الخطوط  $Z$  للحصول على النبضات الرأسية . وطالما ان نسب التقسيم ثابتة ، فان العلاقة بين الترددين  $f_H$  ،  $f_V$  تكون محكمة (جاسئة) ، بحيث يتم التشابك الدقيق للخطوط الفردية والزوجية اوتوماتيا .

ولقد استخدمت فى اولى مولدات التزامن مقسمات تردد تستطيع القسمة باستقرار على اعداد صغيرة لا تتعدى ١٠ . ولذلك اختير عدد الخطوط مساويا حاصل ضرب عدة اعداد صحيحة صغيرة وفردية (من اجل ان يكون فرديا) ، مثل الاعداد التالية : ٣ ، ٥ ، ٧ ، ٩ . وهكذا تم اختيار عدد الخطوط مساويا  $40 = 5 \times 8$  ، او  $525 = 3 \times 5 \times 5 \times 7$  او  $625 = 5 \times 5 \times 5 \times 5$  .

وتسلط النبضات ذات التردد  $2f_H$  والنبضات الافقية والرأسية (الناتجة عن القسمة على ٢ و  $Z$ ) على دائرة التشكيل ، حيث يتم تكوين اشارة التزامن المؤلفة ، والنبضات الافقية والرأسية الحافزة لدوائر المسح فى انبوب التصوير ، و اشارة (نبضات) اطفاء شعاع انبوب الصورة .

ويتألف مولد التزامن اساسا من مذبذب رئيسى يولد ذبذبات جيبيه ، مذبذبات تولد نبضات مستطيلة ، مقسمات لترددات تكرار النبضات (عدادات النبضات) ، مقتضبات (محددات) ، مازجات ، دوائر استرخاء ودوائر تعويق . وقد يبلغ عدد الصمامات او الترانزستورات ٤٠ - ٥٠ .

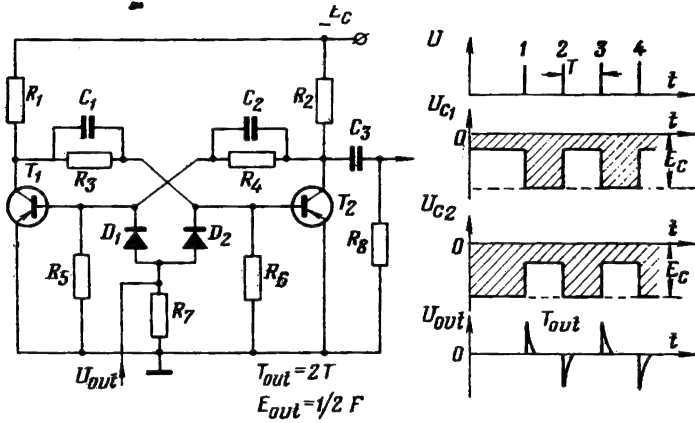
وتتم قسمة التردد فى الغالب بمذبذبات النبضات المستطيلة او المذبذبات المتعددة ثنائية الاستقرار (النظاطات) .

وتستخدم مذبذبات النبضات المستطيلة لقسمة التردد عادة فى مولدات التزامن المبسطة ( كما فى تجهيزات التلفزيون التطبيقى ) . وهى لا تضمن استقرار نسب القسمة . ويتلخص مبدأ عمل مثل تلك المذبذبات ( كالمذبذب المانع والمذبذب المتعدد ) كمقسمات للتردد فى ان حالة المذبذب لا تتبدل

عند قدحه بكل نبضة ، بل تتبدل فقط بعد كل ثلاث نبضات مثلا ( كما مبين في الفصل العاشر ) .

وتستخدم اغلب مولدات التزامن العصرية مقسمات للتردد تعمل النطاطات .

### البند ٨ - ١١ النطاط ( المذبذب المتعدد الثنائي الاستقرار )



الشكل ٨ - ١٩ . مذبذب نطاط ( ثنائي الاستقرار ) يعمل بترانزستورين

ان النطاط ( المذبذب المتعدد الثنائي الاستقرار ) عبارة عن دائرة تتميز بحالتي استقرار ، وتبقى في احدهما الى ان يتم قدحها ( دفعها ) بنبضة خارجية الى الحالة الاخرى . ويبين الشكل ٨ - ١٩ دائرة نموذجية لنطاط يتألف من ترانزستورين يعملان كمرحلتي تكبير مقرنتين بمقاومة ، وقد وصل خرج المرحلة الثانية بدخل المرحلة الاولى عن طريق مقسم للفلطية . وتتميز الدائرة بأن قطاعي النطاط متماثلان :  $R_1 = R_2, R_3 = R_4, C_1 = C_2$  . وتختار قيم مكونات الدائرة ، بحيث يكون الترانزستور  $T_1$  في حالة القطع عندما يكون الترانزستور  $T_2$  في حالة التوصيل ، والعكس بالعكس : يكون الترانزستور  $T_2$  في حالة القطع عندما يكون الترانزستور  $T_1$  في حالة التوصيل . واذا سلطت على دخل الدائرة نبضة موجبة ، فان الترانزستور الذي كان في حالة التوصيل

يصبح في حالة القطع ، بينما يصبح الترانزستور الآخر في حالة التوصيل .  
وبذلك تنعكس حالة استقرار الدائرة .

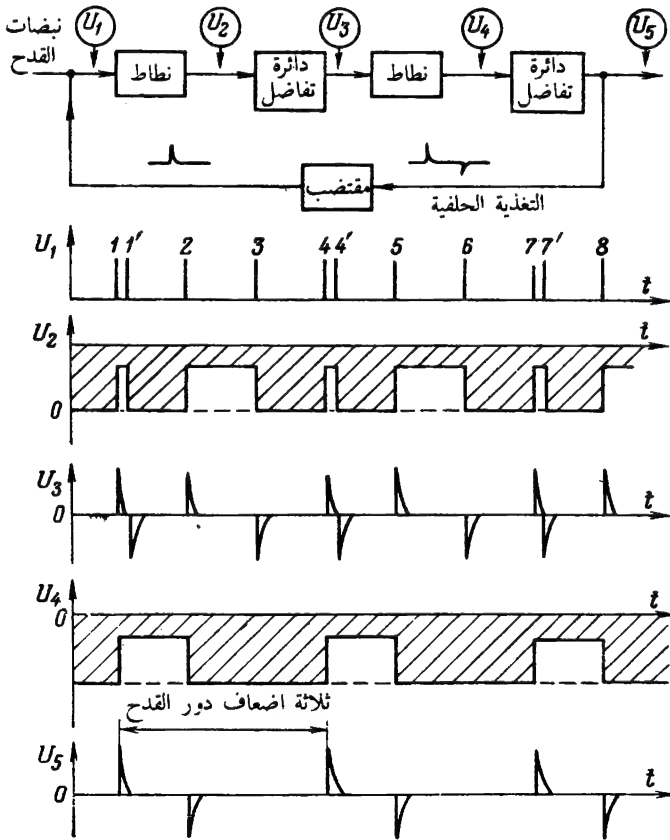
لنفترض ان الوضع الاصلى للنظام هو الوضع الذى كان فيه الترانزستور  $T_1$  فى حالة التوصيل والترانزستور  $T_2$  فى حالة القطع .

فاذا سلطنا نبضة قرح موجبة على قاعدتى الترانزستورين ، عن طريق الثنائين  $D_1$  ،  $D_2$  ، فان وصولها الى قاعدة الترانزستور  $T_2$  الكائن فى حالة القطع لا يؤثر على حالته ، ولكن وصولها الى قاعدة الترانزستور  $T_1$  الكائن فى حالة التوصيل يؤدى فورا الى ان يصبح هذا الترانزستور فى حالة القطع . وعندئذ تزداد القيمة السالبة لجهد مجمع الترانزستور  $T_1$  ، فتزداد القيمة السالبة لجهد قاعدة الترانزستور  $T_2$  ، مما يدفعه الى حالة التوصيل . ولذلك تنخفض القيمة السالبة لجهد مجمع الترانزستور  $T_2$  ، فنخفض القيمة السالبة لجهد قاعدة الترانزستور  $T_1$  ، مما يبقيه فى حالة القطع .

وعلى هذا النحو ، تنعكس حالة استقرار النظام بتأثير اول نبضة قرح ، فيصبح الترانزستور  $T_1$  فى حالة القطع والترانزستور  $T_2$  فى حالة التوصيل . وتظل الدائرة فى هذه الحالة الى ان تقدها نبضة اخرى تدفع الترانزستور  $T_2$  الى حالة القطع وتدفع الترانزستور  $T_1$  الى حالة التوصيل . وتؤدى نبضة القرح الثالثة الى ان يصبح الترانزستور  $T_1$  فى حالة القطع ويصير الترانزستور  $T_2$  فى حالة التوصيل . وهكذا تتكون على مجمع كل من الترانزستورين نبضات مربعة (مستطيلة) . وبعد تفاضل هذه النبضات ، بواسطة دائرة التفاضل  $R_8C_8$  ، نحصل على نبضات ثنائية القطبية . وكما يبين الشكل ٨ - ١٩ ، تتوالى نبضات الخرج وحيدة القطبية (٢) اما النبضات الموجبة او النبضات السالبة ( بتردد اقل مرتين من تردد تكرار نبضات الدخل . وعلى هذا النحو يمكن استخدام النظام لقسمة التردد على ٢ ، اى لعد النبضات اثنتين اثنتين ، ولهذا يسمى احيانا بالعداد الثنائى . ويساعد المكثفان  $C_1$  ،  $C_2$  على الاسراع فى عملية انعكاس حالة استقرار الدائرة . ويستخدم الثنائان لمنع مرور اية نبضات سالبة الى قاعدتى الترانزستورين .

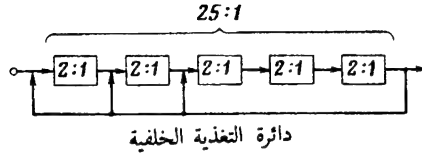
ويمكن تقسيم التردد على أكثر من ٢ بتوصيل عدة نطاقات على التعاقب . وإذا كان عدد النطاقات هو  $n$  ، فإن المقسوم عليه (نسبة القسمة) يساوي  $K = 2^n$  . وعلى سبيل المثال ، عندما  $n = 2$  ، يكون  $K = 2^2 = 4$  ، وعندما  $n = 3$  ، يكون  $K = 2^3 = 8$  . وهكذا فإن  $K$  هو دائما عدد زوجي . ولكن مولدات التزامن المستخدمة للمسح المتشابك تتطلب القسمة على عدد فردى . فكيف تتم مثل هذه القسمة بواسطة النطاقات ؟

ان من الممكن استخدام النطاقات للقسمة على اى عدد ، اذا استخدمت معها دوائر تغذية خلفية . ويبين الشكل ٨ - ٢٠ على سبيل المثال مقسما



الشكل ٨ - ٢٠ . مقسم لتردد النبضات (عداد) يتألف من نطاقات متعاقبة ودائرة تغذية خلفية (تغير قيمة المقسوم عليه)

للتردد يتألف من نطاقين ودائرة تغذية خلفية توصل خرج النطاق الثاني بدخل النطاق الاول . وتشمل دائرة التغذية الخلفية دائرة تفاضل ومقتضب (ثنائي) يمرر النبضات الموجبة فقط . وكما يتضح من الشكل ، بعد كل اربع نبضات قدح ، تصل الى دخل النطاق الاول من خرج النطاق الثاني



الشكل ٨ - ٢١ . رسم تخطيطي لمقسم نموذجي لتردد النبضات يقسم على ٢٥ (ولو لم توجد تغذية خلفية لكان يقسم على  $2^5 = 32$ )

عن طريق دائرة التغذية الخلفية نبضة اضافية موجبة القطبية . وطالما ان هذه النبضة تصل الى دخل النطاق الاول معوقة (مؤخرة) قليلا ، فهي تبدو كنبضة « زائدة » تسبب اعادة التوليد (انعكاس حالة الاستقرار) في النطاق الاول مرة اضافية . وبذلك نجد ان النبضات الخارجة من كل من النطاقين مختلفة الامد ، ونجد ان امد النبضة الموجبة الخارجة من النطاق الثاني قد اصبحت نتيجة لتأثير التغذية الخلفية اقل مرتين من امد النبضة السالبة التي ينقطع خلالها تأثير التغذية الخلفية . وهكذا يتم تقسيم تردد نبضات القدح على ٣ بدلا من ٤ .

ويمكن ابطال تأثير احدى نبضات القدح (بدلا من اضافة نبضة « زائدة ») بتغيير طريقة ادخال جهد التغذية الخلفية ، لتصبح نسبة القسمة مساوية ٥ .

وبين الشكل ٨ - ٢١ رسما تخطيطيا لمقسم التردد يتألف من خمسة نطاقات ودائرة تغذية خلفية ، ويقسم على ٢٥ . ويستخدم في مولد التزامن مقسمان من ذلك النمط للقسمة على عدد الخطوط ( $25 \times 25 = 625$ ) . وتمتاز مقسمات التردد التي تعمل بالنطاقات بأنها جيدة الاستقرار ومضمونة العمل وبسيطة الضبط .

## الفصل التاسع

# تكبير الاشارات الصوتية

### البند ٩ - ١ خصوصيات تكبير الاشارات الصوتية

ان وجود الحدود الرأسية بين تفاصيل الصور المتلفزة يؤدي الى ان تكون الاشارة التلفزيونية اشارة نبضية .

ولذلك تتميز مكبرات الاشارات الصوتية عن مكبرات الذبذبات الصوتية (السمعية او المنخفضة) بأن نطاقها الترددي يجب ان يكون عريضا جدا (عدة ميغاهرتزات) ، كما ان استجابتها الطورية ينبغي ان تكون استجابة خطية .

وتستخدم لتكبير الاشارات الصوتية عادة مكبرات «لادورية» تعمل بالصمامات او الترانزستورات ومقرنة بالمقاومات والمكثفات .

وتضاف الى دوائر هذه المكبرات دوائر خاصة لزيادة عرض النطاق وتقليل التشوهات الطورية واللاخطية .

وتستخدم لتكبير الاشارات الصوتية في بعض الحالات مكبرات التيار المستمر المقرنة مباشرة بالمقاومات (بدون مكثفات) .

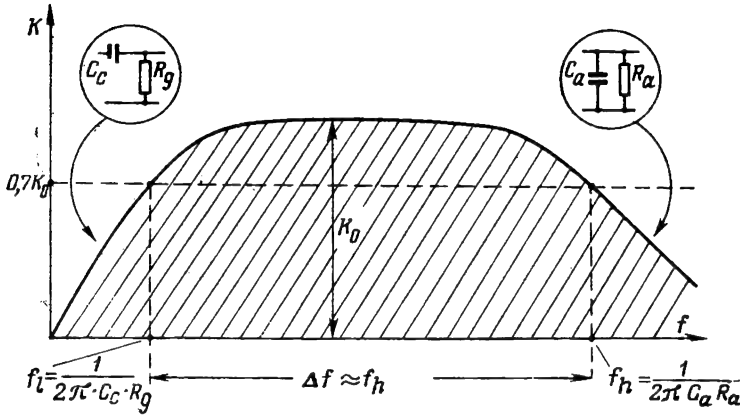
### البند ٩ - ٢ الخصائص الاساسية للمكبرات الصوتية

(١) الاستجابة الترددية : ان الاستجابة الترددية او استجابة الاتساع (العلاقة بين الاتساع والتردد) للمكبر المقرن بمقاومة ومكثف تتمثل بمنحنى يهبط عند الترددات العليا والسفلى (الشكل ٩ - ١) .

ويحدث الهبوط عند الترددات السفلى نتيجة لتأثير المكثفات القارئة ، بينما ينتج الهبوط عند الترددات العليا عن تأثير السعات الطفيلية المتصلة على



التوازي مع مقاومة حمل كل مرحلة تكبير ( السعات بين الكترودات الصمامات او الترانزستورات ، السعات الشاردة ، وسعة الحمل ) .  
ومما تجدر الاشارة اليه ان مكبرات التيار المستمر المقترنة مباشرة ( بدون مكثفات ) تمتاز بعدم هبوط الاستجابة عند الترددات السفلى .



الشكل ٩ - ١ . الاستجابة الترددية ( استجابة الاتساع ) لمكبر مقرن بمقاومة ومكثف  

$$\left( f_H = \frac{1}{2\pi C_a R_a} \right)$$

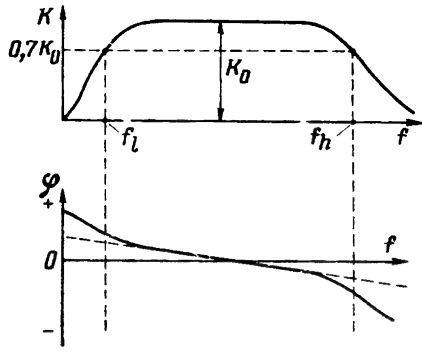
( ٢ ) عرض النطاق الترددي : يتحدد عرض نطاق المكبر بتردد القطع العلوى  $f_H$  وتردد القطع السفلى  $f_L$  ، اى يتحدد بالترددين اللذين يهبط عندهما كسب القدرة بنسبة ٠,٥ وكسب الجهد بنسبة ٠,٧ من الكسب عند الترددات الوسطى (  $K_0$  ) .

( ٣ ) استجابة الطور : ان وجود السعات والمحثات فى دائرة المكبر لا يؤدي فقط الى تغير الكسب ( استجابة الاتساع ) عند تغير التردد ، بل يؤدي ايضا الى تغير الفرق بين طورى اشارتى الخرج والدخل . وثمة علاقة متبادلة بين استجابة الطور ( تابعة فرق الطور للتردد ) واستجابة الاتساع ( الشكل ٩ - ٢ ) . ففي منطقة الترددات المتوسطة ، حيث استجابة الاتساع لا تتغير مع التردد ، نجد استجابة الطور خطية . وعند ترددى القطع ، حيث تبدأ استجابة الاتساع بالهبوط ، نجد استجابة الطور غير خطية . وتؤدي لاختطية

استجابة الطور لترددات الإشارة  
الى اختلاف التعوق الزمني امركبات  
الإشارة .

(٤) منحنى تحويل الاتساع :

يتوقف شكل منحنى تحويل  
الاتساع (منحنى العلاقة بين  
'تساعى اشارتى الخرج والدخل'  
على اختيار نقطة التشغيل على  
المنحنى المميز الدينامى للصمام  
او الترانزستور ، كما يتوقف



الشكل ٩ - ٢ . العلاقة بين استجابة الاتساع  
واستجابة الطور لمكبر مقرن بمقاومة ومكثف

على اتساع إشارة الدخل . واذا تم التشغيل على الجزء المستقيم من المنحنى  
المميز الدينامى ، فان منحنى تحويل الاتساع يكون خطيا (مستقيما) ايضا .

### البند ٩ - ٣ تشوهات الإشارة الصوتية

اذا كان عرض نطاق مرور الترددات محدودا ، او اذا كان منحنى  
استجابة الطور او تحويل الاتساع غير خطى ، فان الشكل الموجى للإشارة  
الصورية الخارجة من المكبر يختلف عن الشكل الموجى للإشارة الداخلة  
اليه .

وقد تتعرض الإشارة عند تكبيرها لثلاثة انواع من التشوهات :

- (١) التشوهات الترددية : تنتج عندما يكون عرض نطاق المكبر اقل  
من عرض طيف الإشارة . وفي هذه الحالة تختلف نسبة تكبير كل من مركبات  
طيف الإشارة باختلاف تردداتها ، مما يجعل شكل إشارة الخرج مختلفا  
عن شكل إشارة الدخل . فمثلا ، عند تكبير النبضات المستطيلة يؤدي قطع  
الترددات العليا الى اطالة حافتي كل نبضة (يجعلهما اقل حدة) ، بينما  
يؤدي قطع الترددات السفلى الى امالة او حنى الجزء الافقى (قمة النبضة) .
- (٢) التشوهات الطورية : ترتبط بالتشوهات الترددية (تشوهات استجابة

الاتساع ) وتنتج عن كون زحزحة الطور في المكبر غير متناسبة خطيا مع التردد في نطاق المرور ( اى ان التعوق الزمنى لمركبات طيف الاشارة غير متساو ) ، مما يشوه الشكل الموجى لاشارة الخرج .

وتؤدى التشوهات الطورية في منطقة الترددات العليا الى ان ترتفع حافات النبضات ارتفاعا عابرا زائدا ، كما تظهر على قمة كل نبضة ذبذبات متضائلة . ويزداد مقدار تجاوز قمة كل نبضة ( الارتفاع العابر الزائد ) ، كلما ازدادت لاختية استجابة الطور في منطقة الترددات العليا . ويحدث مثل هذا الشئ ، كلما كان هبوط استجابة الاتساع في حالة الترددات العليا اكثر حدة .

( ٣ ) التشوهات اللاخطية : ان التشوهات الترددية والطورية تسمى تشوهات خطية ، لأنها لا تتوقف عادة على لاختية المنحنيات المميزة للصمامات او الترانزستورات المكبرة ، كما انها لا تتوقف على اتساع الاشارات التى يجرى تكبيرها .

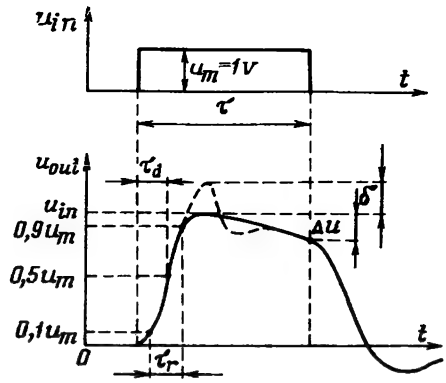
وتؤدى لاختية المنحنيات المميزة الدينامية للصمامات او الترانزستورات الى تشوهات للشكل الموجى تسمى التشوهات اللاخطية . ولا تتوقف هذه التشوهات عادة على تردد اشارة الدخل ، ولكنها تتوقف على اتساعها . وينجم عن التشوهات اللاخطية ان تختل النسب الاصلية بين مستويات الاشارة ، اى تشوه من حيث الاتساع . ولكن اى تشويه لشكل الاشارة يؤدى حتما الى تغيير طيفها ، اى يؤدى الى تغيير النسب الاصلية بين مركبات الطيف وظهور مركبات جديدة .

#### البند ٩ - ٤ الاستجابة العابرة للمكبر الصورى

ان الاستجابة « العابرة » للمكبر هى استجابته ( خرج ) عندما تسلط على دخله درجة تغير حاد للفلطية . (وتحتوى النبضة المستطيلة على درجتين : درجة موجبة ودرجة سالبة ) ( الشكل ٩ - ٣ ) . ويمكن الحصول على الاستجابة « العابرة » على شاشة راسم الذبذبات ، اذا سلطنا خرج المكبر على لوحى الانحراف الرأسى ، على ان تسلط على لوحى الانحراف الافقى ( لمزامنة راسم

(الذبذبات) نفس النبضات المسلطة على دخل المكبر (نبضات الاختبار). وتمثل الاستجابة «العابرة» بحافة درجة الفلظية (حافة النبضة) بعد تشوهها في المكبر.

وتسمى هذه الاستجابة «عابرة» لأنها تميز مقدرة المكبر على اعطاء رد فعل على



الشكل ٩-٣. الاستجابة العابرة لمكبر

تغير سريع جدا لفلظية الدخل : من حالة غياب الإشارة الى حالة تسليط درجة الفلظية . وتحدد الاستجابة العابرة بالبارامترات الآتية (الشكل ٩-٣) :

١- وقت الصعود او وقت الارتفاع  $\tau_r$

٢- الامالة  $\Delta U$

٣- وقت التعوق  $\tau_d$

٤- التجاوز  $\delta$ .

وكما سبق ان ذكرنا ، يعتمد وقت الصعود (امد حافة النبضة) على نسبة تكبير الترددات العليا ، بينما تتوقف الامالة على نسبة تكبير الترددات السفلى . ويتحدد وقت التعوق بشكل استجابة الطور .

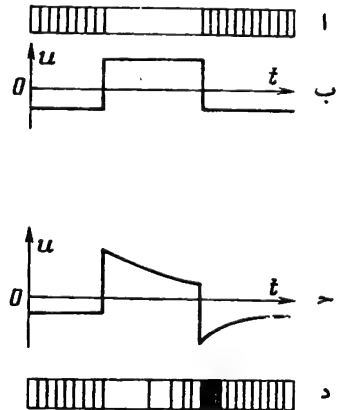
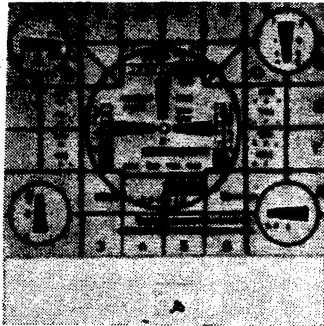
ويتوقف ظهور التجاوز (الارتفاع العابر الزائد ، المبين في الشكل ٩-٣ بخط منقط) على شدة هبوط الاستجابة الترددية عند الترددات العليا ، ومن ثم يتوقف على لاختطية استجابة الطور عند تلك الترددات .

ويمكن ان يظهر التذبذب او «الدق» على قمة النبضة نتيجة للاستثارة الصدمية (النبضية) للدوائر المحتوية على محاثية (كما في حالة استخدام ملف التصحيح) .

وعلى ذلك النحو تسمح الاستجابة العابرة بتكوين فكرة عن الاستجابتين الترددية والطورية في نفس الوقت .  
ويمكن تسهيل التقييم الكمي لبارامترات الاستجابة العابرة باضافة « نبضات علامية » ( نبضات العلامات التي تسمح بتقييم الفترات الزمنية ) الى موجة الاختبار المستطيلة .

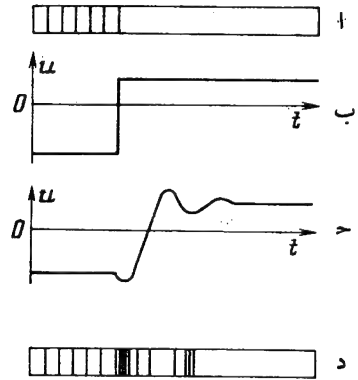
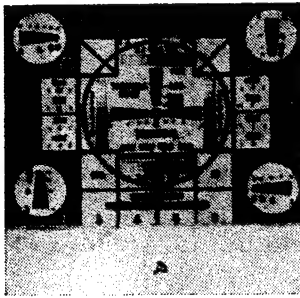
## البند ٩-٥ تأثير تشوهات الشكل الموجي للاشارة الصورية على الصورة التلفزيونية

ان اى تشويه للشكل الموجي للاشارة الصورية يؤدي الى اختلاف الصورة الناتجة على شاشة جهاز الاستقبال عن الصورة الاصلية المسقطة على الكاثود الضوئى لأنبوب التصوير التلفزيونى .  
فعند تقليل حدة حافات النبضات ، يصبح الانتقال من الاسود الى الابيض ( او من الابيض الى الاسود ) اكثر سلاسة ، وتصبح حدود تفاصيل الصورة اقل وضوحا ( تظهر لطفة من الاسود الى الابيض عند كل حد ) .



الشكل ٩-٤ . اللطخات : أ- الصورة الاصلية ؛ ب- الشكل الموجى المثالى لدخل قناة التكبير الصورى ؛ ج- الشكل الموجى المشوه لخرج قناة التكبير الصورى ؛ د- الصورة المشوهة الناتجة على شاشة أنبوب الصورة (وتدل كثافة خطوط التظليل الرأسية مجازا على درجة سواد عناصر الصورة) ؛ هـ- صورة نمط الاختبار فى حالة وجود اللطخات.

وتسبب امالة قمة كل نبضة انخفاضاً تدريجياً لنصوع كل شريط نير موجود فى الصورة . وتظهر بعد مثل ذلك الشريط لطخة قاتمة يزداد نصوعها تدريجياً ( الشكل ٩ - ٤ ) ، كما تظهر بعد كل شريط قاتم لطخة بيضاء . وتؤدى التجاوزات والذبذبات المتضائلة ( « الدق » ) التى يمكن ان تنشأ على قمة كل نبضة الى ظهور خطوط رفيعة سوداء وبيضاء موازية لحدود تفاصيل الصورة ( وتنتج عن التجاوزات حدود وحيدة الخطوط ، بينما تسبب ظاهرة « الدق » حدوداً متعددة الخطوط ) . ويترتب على ذلك ان تصبح حدود تفاصيل الصورة بارزة ( مجسمة ) ، كما لو ان الصورة « منحوتة » ( معجونة ) من البلاستيك ( الشكل ٩ - ٥ ) .



الشكل ٩ - ٥ . ظاهرة « الدق » ( « البلاستيك » ) :

- أ - الصورة الاصلية ؛ ب - الإشارة الداخلة الى قناة التكبير\* الصورى ؛ ج - الإشارة المشوكة الخارجة من قناة التكبير الصورى ؛ د - الصورة المشوكة الناتجة على شاشة أنبوب الصورة ؛ هـ - صورة نمط الاختبار فى حالة وجود ظاهرة « الدق » ( « البلاستيك » )

واذا حدث « دق » غير شديد ، فان حدود تفاصيل الصورة تبرز نوعاً ما وتصبح اكثر وضوحاً ، وبذلك يكون « الدق » غير الشديد مفيداً أحياناً . اما اذا كان « الدق » ظاهراً بشدة ، فهو يؤدى الى مضاعفة ( تكرار ) تلك الحدود ، فتشوه الصورة تشوهاً شديداً . وينجم عن التشوه اللاخطى للإشارة الصورية تشوه درجات الظل والنور فى الصورة التلفزيونية المتكونة على شاشة جهاز الاستقبال .

ويمكن تقليل التشوهات اللاخطية الى الحد المسموح به باختيار مناسب للصمامات والترانزستورات وحالات تشغيلها . وتستخدم من اجل ذلك ايضا دوائر تغذية خلفية سالبة .

وينبغي ان تعطى المكبرات الصورية فى بعض الحالات تشوهات لاخطية تصحح التشوهات اللاخطية التى تنشأ فى اجزاء اخرى من المنظومة التلفزيونية ( انظر البند ٩ - ١٥ ) .

### البند ٩ - ٦ المتطلبات الاساسية لتكبير الاشارة الصورية

لكى تكون الصورة التلفزيونية المعاد انتاجها على شاشة جهاز الاستقبال اقرب ما يمكن الى الصورة الاصلية المسقطة على الكاثود الضوئى لانبوب التصوير التلفزيونى ، يجب ان تكون التشويهات التى تسببها المكبرات الصورية اقل ما يمكن .

وحتى لا تتعدى التشويهات الخطية للاشارة الصورية الحدود المسموح بها ، ينبغى تحديد قيم وقت حافة الاستجابة العابرة  $\tau_r$  والتجاوز  $\delta$  والامالة  $\Delta U$  .

ويعتبر عادة ان الوقت المسموح به لحافة الاستجابة العابرة لكل المنظومة التلفزيونية يساوى مدة مسح عنصر واحد من عناصر الصورة . وتبلغ هذه المدة فى الاذاعة التلفزيونية  $7 \times 10^{-8}$  ثانية .

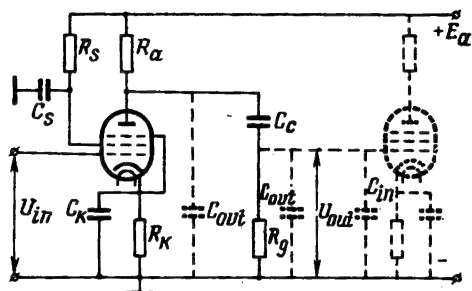
اما القيمتان المسموح بهما للتجاوز والامالة لكل المنظومة التلفزيونية ، فيمكن اعتبارهما مساويتين ٥ % .

ومن اجل تحقيق تلك المتطلبات ، يجب ان تكون الاستجابة الترددية للمكبر الصورى مستوية لدرجة كافية ، كما ينبغى الا يكون هبوطها ( قطعها ) عند الترددات العليا والسفلى حادا جدا . ويجب ان تكون استجابة الطور خطية فى نطاق ترددات الاشارة المطلوب تكبيرها .

ومن الضرورى الا تتعدى التشوهات اللاخطية للاشارة الصورية  $\pm 10\%$  .

## البند ٩-٧ المكبر الصورى ذو الاستجابة غير المعادلة

يبين الشكل ٩-٦ دائرة نموذجية لمكبر صورى يعمل بصمام خماسى .  
والمكثفات المبينة فى الشكل بخطوط منقطة هى السعات « الطفيلية » او الموزعة :  
سعة خرج صمام التكبير  $C_{out}$  ( السعة بين الانود والكاثود ) ، وسعة دخل الصمام  
التالى  $C_{in}$  ( السعة بين الشبكة  
والكاثود ) ، وسعة اسلاك  
التوصيل  $C_w$  .

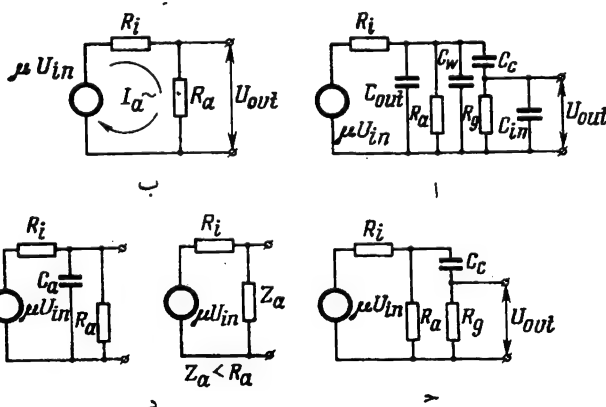


الشكل ٩-٦ . دائرة مكبر صورى خماسى

ويمكن تحليل عمل  
المكبر باستبدال الصمام بالمولد  
المكافئ\* الذى قوته الدافعة  
الكهربائية تساوى حاصل ضرب  
عامل التكبير  $\mu$  فى فلتية الدخل

$U_n$  ، ومقاومته الداخلية  $R_i$  ( الشكل ٩-٧ ) .

ويبين الشكل ٩-٧ أ الدائرة المكافئة الكاملة مع اخذ السعات الطفيلية  
 $C_{in}$  ،  $C_w$  ، والسعة القارئة  $C_c$  فى الاعتبار .



الشكل ٩-٧ . الدوائر المكافئة للمكبر الصورى : أ - الدائرة المكافئة الكاملة ؛ ب - الدائرة  
المكافئة لدى الترددات المتوسطة ؛ ج - الدائرة المكافئة لدى الترددات السفلى ؛ د - الدائرة المكافئة  
لدى الترددات العليا



ويمكن تبسيط الدائرة المكافئة للمكبر بتقسيم مدى الترددات الى ترددات سفلى وترددات متوسطة وترددات عليا .

ومما يجدر ذكره ان « الترددات المتوسطة » هي من رتبة ١ ميغاهرتز فى حالة المكبرات الصورية ، بينما هي من رتبة الكيلوهرتز فى حالة المكبرات السمعية .

ان « الترددات المتوسطة » للإشارة المكبرة هي الترددات التى يمكن ان نهمل عندها تأثير السعة القارئة والسعات الطفيلية ، اى الترددات التى تحقق الشرطين :

$$\frac{1}{2\pi f (C_{out} + C_{in} + C_w)} \gg R_a ,$$

$$\frac{1}{2\pi f C_c} \ll R_g$$

وبين الشكل ٩-٧-ب الدائرة المكافئة للمكبر عند الترددات المتوسطة مع مراعاة ان  $R_g \gg R_a$  .

وبين الشكل ٩-٧-ج الدائرة المكافئة للمكبر عند الترددات السفلى . وفى هذه الحالة يمكن اهمال السعات الطفيلية ، ولكن من الضرورى مراعاة تأثير المكثف القارن . فعند انخفاض التردد ، تزداد مفاعلة هذا المكثف ، فيزداد هبوط الفلطية عليه .

وبين الشكل ٩-٧-د الدائرة المكافئة للمكبر عند الترددات العليا . وفى هذه الحالة يمكن اهمال تأثير المكثف القارن ، ولكن يجب مراعاة تأثير السعات الطفيلية المتصلة على التوازي مع مقاومة حمل الانود  $R_a$  ، لأن مفاعلتها تقل وتقارب المقاومة  $R_a$  ، فيصبح حمل الصمام عبارة عن معاوقة  $(Z_a < R_a)$  مؤلفة من المقاومة  $R_a$  والسعة  $C_a$  المساوية لمجموع السعات الطفيلية  $(C_a = C_{out} + C_{in} + C_w)$  .

ومن الدوائر المكافئة للمكبر نحصل على العلاقات التالية :

(١) الكسب (التكبير) عند الترددات المتوسطة :

$$K_0 = SR_a \quad (9.1)$$

حيث  $S$  يرمز الى المواصلة التبادلية للصمام .

(٢) حدا قطع الترددات السفلى والعليا :

$$f_l = \frac{1}{2\pi R_g C_c} \quad (9.2)$$

$$f_h = \frac{1}{2\pi R_a C_a} \quad (9.3)$$

ويبلغ تردد القطع السفلى للمكبرات الصورية عشرات الهرتزات ، بينما يبلغ تردد القطع العلوى عدة ميغاهرتزات .  
وطالما ان  $f_h \gg f_l$  ، فان عرض النطاق الترددى يساوى تقريبا  $f_h$  .  
وتتحدد خواص المكبر الصورى بحاصل ضرب الكسب  $K_0$  فى عرض النطاق  $f_h$  :

$$K_0 f_h = S R_a \frac{1}{2\pi R_a C_a} = \frac{S}{2\pi C_a} \quad (9.4)$$

اى تتحدد اساسا ببارامترات الصمام  $S$  ،  $C_i$  ،  $C_o$  .  
ويفسر هذا بان عرض نطاق المكبر محدود من طرف الترددات العليا بتردد يزداد بتقليل مقاومة الحمل  $R_a$  ، مما يودى الى تقليل الكسب . وبالعكس ، يزداد الكسب بزيادة المقاومة  $R_a$  ، اى يزداد بتقليل عرض النطاق .  
ولكى يكون عرض نطاق المكبر الصورى عدة ميغاهرتزات ، ينبغى ان تكون مقاومة حمل الانود صغيرة نسبيا (مئات او الالف الاوم) .  
ويتم الحصول على كسب كاف لكل مرحلة تكبير باستخدام الصمامات الخماسية التى تمتاز بمواصلة تبادلية كبيرة ، كما تمتاز بصغر قيم السعات بين الكتروداتها .

ويسمى حاصل ضرب الكسب فى عرض النطاق  $\left(\frac{S}{2\pi C_a}\right)$  عامل استحقاق الصمام (ويفترض عند حساب  $C_a$  ان سعة التوصيلات  $C_w$  تساوى ١٠ بيكوفاراد) . واذا كان عامل استحقاق احد انواع الصمامات يساوى ٥٠ ميغاهرتز ، فمعنى هذا ان مثل هذه الصمامات تعطى كسبا قدره ١٠ عند تكبير نطاق عرضه ٥ ميغاهرتز .

ويبلغ عامل استحقاق بعض الصمامات الخماسية السوفيتية الصنع ٤١٠ ميغاهرتز .

وكما سبق ان ذكرنا ترتبط الاستجابة الترددية للمكبر الصورى باستجابته العابرة . فلنحدد العلاقات بين القيم المميزة لهاتين الاستجابتين :

( ١ ) العلاقة بين وقت صعود النبضة وتردد القطع العلوى : يتحدد وقت صعود ( حافة ) النبضة الخارجة من المكبر بالثابت الزمنى لعملية شحن السعة  $C_a$  المتصلة على التوازي مع مقاومة حمل الانود  $R_a$  . واذا قيس وقت الصعود من ٠,١ الى ٠,٩ من قيمة ذروة النبضة ، فهو يساوى تقريبا  $2.2 R_a C_a$  ، اى يرتبط بتردد القطع العلوى  $f_h$  بموجب العلاقة (9.3) كما يلي :

$$f_h = \frac{0.35}{\tau_r} \quad (9.5)$$

( ٢ ) العلاقة بين امالة قمة النبضة وتردد القطع السفلى : يتحدد مقدار امالة قمة النبضة  $\Delta U$  بسرعة شحن المكثف القارن  $C_c$  وامتد النبضة  $\tau$  . واذا كان الثابت الزمنى لدائرة التقارن  $C_c R_g$  اقل كثيرا من امتد النبضة  $\tau$  ، كما فى حالات تكبير الاشارات الصورية ، فان الامالة النسبية تساوى  $\frac{\tau}{C_c R_g}$  . وبموجب العلاقة (9.2) ترتبط الامالة النسبية ( النسبة المئوية ) بتردد القطع السفلى كما يلي :

$$f_l = \frac{\Delta U \%}{100} \cdot \frac{1}{2 \pi \tau} = \frac{\Delta U \%}{628 \tau} \quad (9.6)$$

وتحدد الامالة عادة لأكبر قيمة لامتد النبضات المصادفة عمليا . اذا علمنا القيمتين المسموح بهما لوقت الصعود  $\tau_r$  والامالة  $\Delta U \%$  ، فيمكن تحديد ترددي القطع  $f_h$  ،  $f_l$  من العلاقاتين (9.5) ، (9.6) . وتختار قيمة مقاومة الحمل  $R_a$  من العلاقة (9.3) للحصول على القيمة المناظرة لتردد القطع العلوى .

ويجب ان تكون قيمة مقاومة الشبكة  $R_g$  اكبر ٢٥ - ٥٠ مرة من  $R_a$  ، بشرط الاتزيد عن ١ ميجا أوم ، لكى لا تقارب قيمة مقاومة العزل ، والا فان المكبر لن يعمل باستقرار .

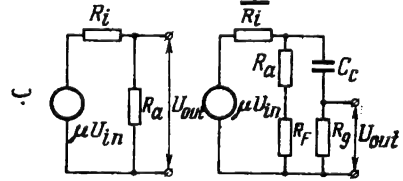
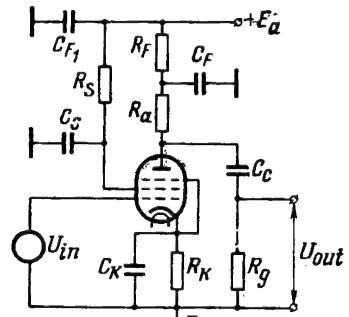
وتحدد سعة المكثف القارن  $C_c$  من العلاقة (9.2) ، بشرط الا تتعدى ٠,٠٥ ميكروفاراد . ويفسر هذا بان المكثفات الكبيرة الحجم تحتاج الى ان تثبت بالشاسية ، مما يؤدي الى زيادة السعة الطفيلية للتوصيلات .

## البند ٩-٨ معادلة استجابة المكبر الصورى عند الترددات السفلى

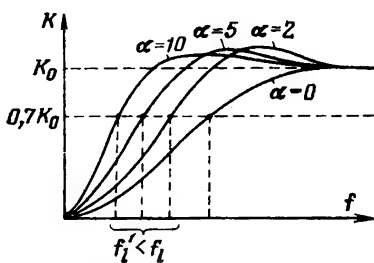
اذا لم تكن سعة مكثف التقارن كبيرة لدرجة كافية ، فمن الضرورى تعويض تأثيرها عند الترددات السفلى . ويمكن ان يتم ذلك بواسطة المرشح  $C_F R_F$  الموصل بدائرة انود صمام التكبير ، كما فى الشكل ٩-٨ . وتختار قيمة السعة  $C_F$  بحيث تكون مفاعلتها عند الترددات المتوسطة اقل كثيرا من مقاومة حمل الانود  $R_a$  ، على ان تصبح كبيرة بالنسبة الى المقاومة  $R_F$  عند الترددات السفلى .

ويبين الشكل ٩-٨ ب - الدائرة المكافئة للمكبر عند الترددات المتوسطة . وفى هذه الحالة يفرع المكثف  $C_F$  المقاومة  $R_F$  الى الارض ، فيبقى انود الصمام محملا بالمقاومة  $R_a$  فقط .

ويبين الشكل (ج) الدائرة المكافئة فى حالة الترددات السفلى . فعند هذه الترددات تزداد معاوقة المكثف  $C_F$  ، ومن ثم تزداد معاوقة الحمل التى تتألف فى هذه الحالة من المقاومتين  $R_a$  ،  $R_F$  معا . وتؤدي زيادة معاوقة الحمل الى زيادة الكسب ، مما يعوض هبوط الجهد على المكثف القارن  $C_c$  .



الشكل ٩-٨ . مكبر صورى معادل عند الترددات السفلى : أ - الرسم التخطيطى لدائرة المكبر ؛ ب - الدائرة المكافئة لدى الترددات المتوسطة ؛ ج - الدائرة المكافئة لدى الترددات السفلى



الشكل ٩-٩ . الاستجابات الترددية لمكبر صوري معادل عند الترددات السفلى

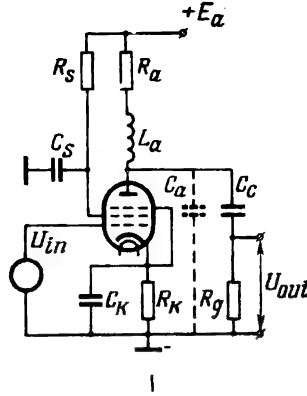
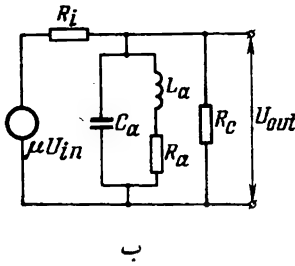
وكما يبين الشكل ٩-٩ يترتب على وجود المرشح  $R_F C_F$  ان تتزاح الاستجابة الترددية في منطقة الترددات السفلى الى اليسار ، فينخفض حدها السفلى  $f_L$  . وتعتمد درجة تصحيح (معادلة) الاستجابة الترددية على المعامل  $\alpha = \frac{R_F}{R_a}$  . وتؤدي زيادة هذا المعامل ، كما موضح في الشكل ٩-١٠ ، الى ارتفاع

الاستجابة عند الترددات السفلى . ولكن زيادة معامل التصحيح تؤدي الى زيادة هبوط الجهد على المقاومة  $R_F$  ، مما يتطلب رفع جهد منبع الانود  $E_a$  . وتحدد القيمة المثلى للمقاومة  $R_F$  والسعة  $C_F$  من شرط تساوى الثابتين الزمنيين  $C_F R_a$  ،  $C_c R_g$  ، ومن العلاقة :

$$f_L = \frac{1}{2\pi C_F R_F} = \frac{R_a}{2\pi C_c R_g R_F} \quad (9.7)$$

## البند ٩-٩ معادلة استجابة المكبر الصوري عند الترددات العليا

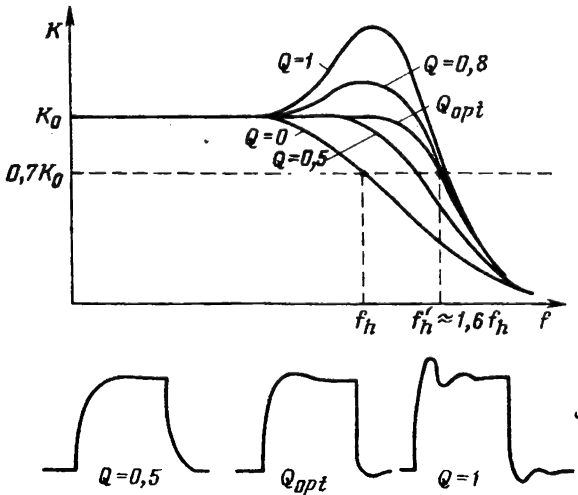
(١) معادلة المكبر بدائرة تواز : يبين الشكل ٩-١٠ دائرة مرحلة تكبير مصححة (معادلة) بواسطة ملف موصل على التوالي مع مقاومة حمل الانود  $R_a$  . وتختار قيمة محاثه الملف  $L_a$  عادة عدة ميكروهنرى او عشرات الميكروهنرى ، بحيث يمكن اهمال مفاعله عند الترددات المتوسطة والسفلى . وتزداد مفاعلة الملف كلما ارتفع التردد ، وتصبح كبيرة نسبيا عند الترددات العليا . ويشكل الملف  $L_a$  مع مقاومة الحمل  $R_a$  والسعة الطفيلية  $C_a$  دائرة تواز ، عامل جودتها  $Q$  منخفض القيمة (لأن قيمة  $R_a$  منخفضة نسبيا) . ويختار تردد زين هذه الدائرة بقرب حد قطع الترددات العليا  $f_h$  فى المكبر غير المعادل . وعند التردد  $f_h$  تنخفض معاوقة حمل المكبر غير المعادل الى  $|Z_a| = \frac{R_a}{\sqrt{2}}$  ، فيصبح كسبه مساويا  $0.7 K_0$  . وفى حالة المكبر المعادل



الشكل ٩ - ١٠ . مكبر صوري معادل عند الترددات العليا (أ) والدائرة المكافئة له (ب)

على التوازي يحدث في دائرة التوازي رنين يجعل معاوقة هذه الدائرة عظمية . وبهذا ترتفع استجابة المكبر عند تردد الرنين ، فيتزاح تردد القطع الاعلى الى اليمين ، كما مبين في الشكل ٩ - ١١ .

ويتضح من هذا الشكل انه اذا زاد عامل الجودة  $Q$  عن الواحد ، فان عرض النطاق لا يزداد تقريبا مع  $Q$  . ولكن اذا كان  $Q$  مساويا الواحد



الشكل ٩ - ١١ . الاستجابات الترددية لمكبر صوري معادل عند الترددات العليا والاشكال الموجية للتنبضات الخارجة منه من أجل قيم مختلفة لجودة دائرة المعادلة ( ملف الذروة )

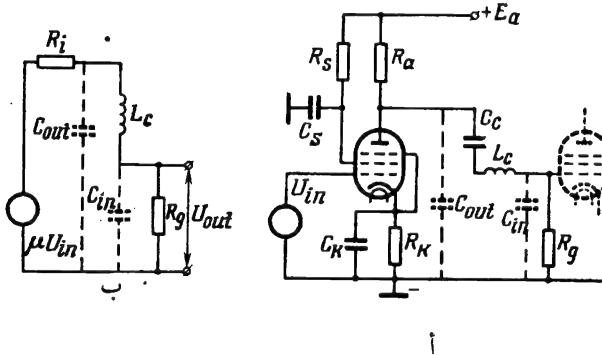
تقريبا او اكثر ، فان قمة كل نبضة يكبرها المكبر تشوه نتيجة للاستشارة الصدمية ( النبضية ) لدائرة التوازي فى لحظة ظهور النبضة ، مما يؤدى الى نشوء ذبذبات متضائلة ( « دق » ) فى هذه الدائرة .

وتبين التجربة ان القيمة المثلى لعامل الجودة  $Q_{opt}$  تتراوح بين ٠,٥ و ٠,٧ . ويزداد عرض النطاق فى هذه الحالة بنسبة ١,٤ - ١,٨ .

وطالما ان  $Q = \frac{\sqrt{L_a/C_a}}{R_a}$  ، فان  $L_a = Q^2 R_a^2 C_a$  . واذا اخترنا  $Q = 0.6$  ، فان  $L_a = 0.36 \cdot R_a^2 \cdot C_a$  .

ويتم ضبط محاثة « ملف الذروة »  $L_a$  عمليا ، بحيث يعطى ذروة ضئيلة لاستجابة المكبر عند الترددات العليا .

( ٢ ) معادلة المكبر بدائرة توال : يبين الشكل ٩ - ١٢ دائرة مرحلة تكبير تتم معادلتها بواسطة ملف موصل على التوالى بدائرة الخرج .



الشكل ٩ - ١٢ . مكبر صورى معادل عند الترددات العليا بواسطة دائرة توال ( أ ) والدائرة المكافئة له ( ب )

وفى هذه الحالة يجرى « ملف الذروة »  $L_a$  سعة الحمل  $C_a$  الى جزئين ، هما سعة الخرج  $C_{out}$  وسعة الدخل  $C_{in}$  . وطالما ان هاتين السعتين متصلان بالملف على التوالى ، فان سعتهما المكافئة تصبحان اقل من كل منهما ، اذ تساوى :

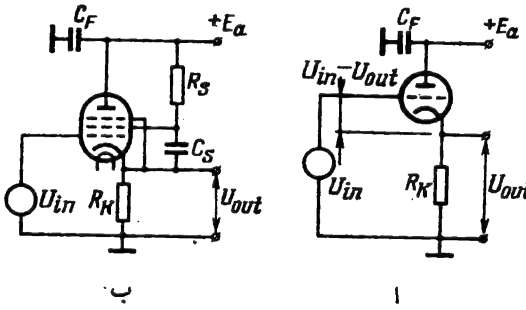
$$C_{eq} = \frac{C_{out} C_{in}}{C_{out} + C_{in}}$$

ويحدث في الدائرة رنينان : رنين دائرة التوازي  $L_a C_{eq}$  ، ورنين دائرة التوالى  $L_a C_{in}$  . وحيث ان  $C_{eq} < C_{in}$  ، فان تردد رنين التوازي اعلى من تردد رنين التوالى . وتختار قيمة المحاثة  $L_a$  ، بحيث يستفاد من كل الرنينين لمعادلة الاستجابة الترددية في منطقة الترددات العليا .

وفي الحالة المثلى  $\frac{C_{in}}{C_{out}} = 2$  يمكن الحصول بواسطة ملف التوالى على عرض نطاق اكبر مرة ونصف مما هو في حالة ملف التوازي . واذا استخدم ملف توالى وملف تواز في نفس الوقت ، يصبح عرض النطاق اكبر بنسبة ١,٨ مما هو في حالة ملف التوازي .

#### البند ٩ - ١٠ المكبر المقرون من الكاثود (التابع الكاثودى)

تتميز الدائرة المبينة في الشكل ٩ - ١٣ بأن الانود متصل بالارض بالنسبة الى التيار المتردد (عن طريق المكثف  $C_F$ ) ، ولذلك تسمى دائرة



الشكل ٩ - ١٣ . التابع الكاثودى الثلاثى (أ) والحامسى (ب)

ذات انود مشترك . وتتضمن هذه الدائرة تغذية خلفية سالبة بنسبة  $\beta = 1$  ، اذ ان فلطية الخرج  $U_{out}$  هى نفسها فلطية التغذية الخلفية السالبة . وتسمى هذه الدائرة بالتابع الكاثودى ، لأن طور فلطية الخرج يتبع (يكبر) طور فلطية الدخل . غير ان فلطية الخرج اقل دائما من فلطية الدخل ، فلس التابع الكاثودى بمكبر للفلطية ، وانا هو مكبر للتيار والقدرة .



ويتحدد كسب التابع الكاثودى (نسبة تحويل الفلطية) بالعلاقة :

$$K = \frac{SR_K}{1 + SR_K}$$

ويمتاز التابع الكاثودى بأن معاوقة دخله اكبر كثيرا من معاوقة دخل المكبر العادى . ويفسر هذا بأن تيار دخل التابع الكاثودى قليل القيمة ، والفلطية بين الشبكة والكاثود اقل كثيرا من فلطية الدخل ( $U_{gk} = U_{in} - U_{out}$ ) ، بحيث تكون نسبة فلطية الدخل الى تيار الدخل (اى معاوقة الدخل) كبيرة جدا .

ولا تدل زيادة معاوقة الدخل على زيادة مقاومة الدخل  $R_{in}$  فحسب ، بل تدل ايضا على زيادة مفاعلة الدخل  $X_{in}$  . وطالما ان  $X_{in} = \frac{1}{2\pi f C_{in}}$  ، فمعنى ذلك ان سعة الدخل  $C_{in}$  تقل كثيرا .

وتؤدى زيادة معاوقة دخل التابع الكاثودى الى اضعاف تأثيره على عمل مصدر الاشارة او مرحلة التكبير السابقة .

اما اكثر خواص التابع الكاثودى فائدة ، فهو ان مقاومة خرجة صغيرة جدا ، اذ تساوى :

$$R_{out} \approx \frac{1}{S} \quad (9.9)$$

وتعمل التوابع الكاثودية عادة بصمامات خماسية ذات مواصلة تبادلية كبيرة تبلغ عشرات الملى امبير للفلوط ، بحيث تكون مقاومة الخرج بضع عشرات الاوم .

وطالما ان معاوقة خرج التابع الكاثودى اقل كثيرا من معاوقة دخله ، فمن الممكن استخدامه كمحول للمعاوقات ، للتوفيق بين حمل صغير المعاوقة (الكابل المحورى مثلا) ومصدر اشارة ذي معاوقة داخلية عالية .

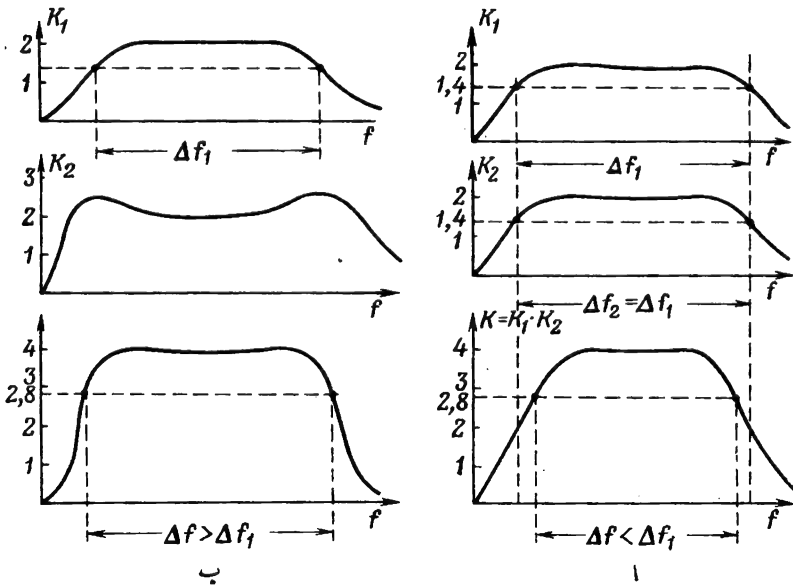
وينجم عن صغر معاوقة خرج التابع الكاثودى ان يكون قليل التأثير بسعة الحمل ، بحيث تكون استجابته الترددية محدودة من طرف الترددات العليا بتردد قطع اعلى كثيرا مما هو فى حالة المكبر العادى .

ونظرا لأن خرج التابع الكاتودي يؤخذ من نقطة منخفضة الجهد ، فمن الممكن قرنه مباشرة بدون مكثف ، للتخلص من هبوط الاستجابة الترددية عند الترددات السفلى .

ويكفل وجود التغذية الخلفية السالبة الشديدة ان تكون التشوهات اللاخطية قليلة القيمة ، كما يكفل استقرارا جيدا لكسب التيار ( القدرة ) .

### البند ٩ - ١١ المكبر الصوري المتعدد المراحل

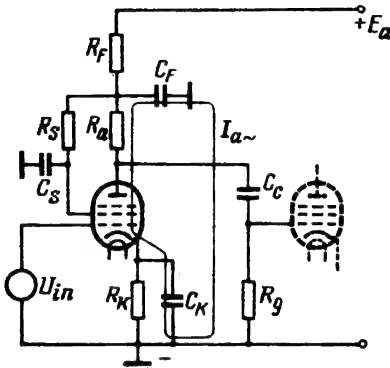
ان مرحلة التكبير العريضة النطاق تعطي كسبا صغيرا نسبيا ( حوالى ١٠ ) ولذلك يتم الحصول على الكسب الضرورى لتكبير الاشارات الضعيفة باستخدام مكبرات متعددة المراحل . وعند تصميم مثل هذه المكبرات ، تبرز صعوبات عديدة ، اذ ان عرض نطاق المكبر المتعدد المراحل اقل من عرض نطاق كل مرحلة ( الشكل ٩ - ١٤ - أ ) ، كما ان من المحتمل



الشكل ٩ - ١٤ . الاستجابات الترددية لمكبر صوري مؤلف من مرحلتين : أ - فى حالة تماثل استجابتي المرحلتين ؛ ب - فى حالة رفع ذروة استجابة احدى المرحلتين ( حالة التصحيح المتبادل )

حدوث استشارة ذاتية فى المكبر نتيجة لوجود تغذية خلفية موجبة طفيلية بين مراحله .

ويمكن الحصول على عرض النطاق الضرورى للمكبر المتعدد المراحل بواسطة التصحيح المتبادل للاستجابات الترددية لمراحله . فاذا كان المكبر مؤلفا مثلا من مرحلتين (الشكل



٩-١٤-ب) استجابة احدهما (المرحلة الثانية) ذات ذروتين عند الترددات العليا والسفلى ، فان الاستجابة الكلية للمكبر تكون اعرض نطاقا من استجابة المرحلة الاخرى (المرحلة الاولى) .

ويتم تحسين استقرار عمل المكبر المتعدد المراحل ، كما يستبعد احتمال ظهور تغذية خلفية بين مراحله بواسطة مرشحات خاصة لفك التقارن ، كما

الشكل ٩-١٥ . مكبر صوري ذو مرشح لفك التقارن هي دائرة الانود

مبين فى الشكل ٩-١٥ . فبواسطة مكثف فك تقارن دائرة الانود ومكثف « تمرير » الشبكة الحاجبة ، تمر مركبات التيار المتردد الى « الارض » بدون ان تتسرب عن طريق منبع القدرة الى مراحل اخرى . وتفيد مرشحات فك التقارن ايضا فى تسوية (ترشيح) جهد منبع القدرة ومعادلة الترددات السفلى .

### البند ٩-١٢ المكبرات الصورية الترانزستورية

ان خصوصيات المكبرات الترانزستورية تنجم عن خواص الترانزستور . فتيار قاعدة الترانزستور كبير جدا (٠,١-٠,١ من تيار المجمع) ، ومقاومة دخله اقل كثيرا من مقاومة دخل الصمام . ولذلك يؤثر دخل مرحلة التكبير المستخدمة للترانزستور تأثيرا كبيرا على المرحلة السابقة لها . فينبغى عند تصميم المكبرات الترانزستورية المتعددة المراحل حل مسائل التوفيق

بين كل مرحلتين متعاقبتين ، بحيث يتم اضعاف تأثير تفريع التيار لدخل كل منها .

وتعتمد بارامترات الترانزستور ( قيمه المميزة ) لدرجة ملحوظة على درجة الحرارة . فعند ارتفاع درجة حرارة غلاف الترانزستور بمقدار  $10^\circ$  ، يزداد تيار المجمع مرتين . ويفسر هذا بأن مقاومة الوصلة  $p-n$  تتغير بشدة عند تغير درجة حرارتها .

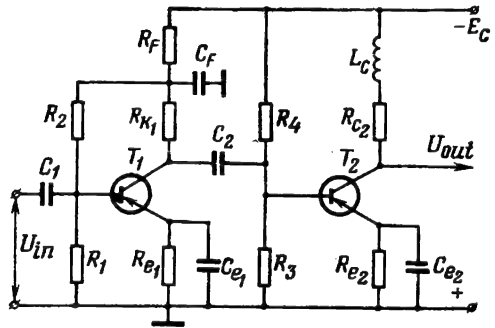
ويتأثر تصرف الترانزستور عند الترددات العالية نسبيا بسعاته الداخلية . وتم معادلة الاستجابة الترددية للمكبرات الترانزستورية بطرائق مشابهة لتلك التي تستخدم فى المكبرات الصمامية :

( ١ ) تتم معادلة الاستجابة الترددية للترددات السفلى بواسطة مرشح فك التقارن ( الشكل ٩ - ١٦ ) ؛

( ٢ ) يستخدم لمعادلة الاستجابة عند الترددات العليا « ملف ذروة » يوصل بدائرة المجمع ؛

( ٣ ) وتستخدم لمعادلة الاستجابة عند الترددات العليا ايضا دائرة تغذية خلفية سالبة تتألف من مقاومة ومكثف

موصلين على التوازي بدائرة الباعث .



الشكل ٩ - ١٦ . مكبر صوري ترانزستورى مؤلف من مرحلتين ، معادل عند الترددات السفلى والعليا

ولا يمكن استخدام « ملف الذروة » لمعادلة الترددات العليا ، الا فى مراحل التكبير المحملة بمقاومة مرتفعة ، كما فى مرحلة خرج المكبر الصوري الحافز لالكتروود تحكم انبوب الصورة .

واذا كانت مرحلة التكبير محملة بمقاومة منخفضة نسبيا ، كمقاومة دخل مرحلة تكبير اخرى ، فان تصحيح الاستجابة للترددات العليا يتم بواسطة دائرة تتألف من مقاومة الباعث ( مثلا  $R_{E1}$  ) ومكثف التمرير ( $C_{E1}$ ) الذى يوصل

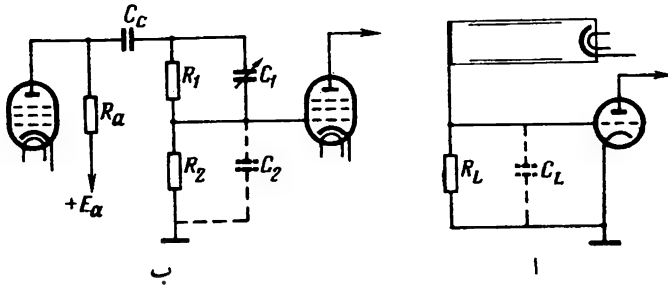
معها على التوازي . ويسبب وجود مقاومة الباعث تغذية خلفية سالبة تقلل من الكسب عند الترددات المنخفضة نسبيا . وتختار سعة مكثف التمرير صغيرة ، بحيث يقل تأثير التغذية الخلفية السالبة عند الترددات العليا فقط ، وبذلك يتم رفع الاستجابة عند هذه الترددات .

ومن الخصائص الهامة لدوائر التكبير بالترانزستورات استخدام مكثفات قارئة كبيرة السعة ( ٥ - ١٥ ميكروفاراد او اكثر ) . ويفسر هذا بأن المكبر الترانزستورى ذو مقاومة دخل منخفضة ، فينبغى قرنه بمكثف كبير السعة للحصول على الثابت الزمنى الضرورى لدائرة التقارن . وتستخدم لذلك مكثفات الكتروليتية ( كيميائية ) ، طالما ان تيار التسرب فى مثل هذه المكثفات ليس ذا اهمية فى دوائر التكبير بالترانزستورات ، لأن تيار قاعدة الترانزستور كبير نسبيا ( بينما تعمل المكبرات الصمامية عادة بدون تيارات الشبكات الحاكمة ، فلا تسمح بالتقارن بمكثفات الكتروليتية ) .

### البند ٩ - ١٣ المكبرات الصورية المتقدمة

ان مراحل التكبير المتقدمة ( الاولى ) التى تتبع انبوب التصوير التلفزيونى مباشرة هى من اهم عناصر المنظومة التلفزيونية ، لأن مستوى الاشارة الصورية التى تكبرها يقارب مستوى الضوضاء العشوائية ( راجع البند ٣ - ٣ ) . وتتحدد الضوضاء العشوائية للمكبر المتقدم اساسا بضوضاء مقاومة حمل انبوب التصوير وضوضاء صمام مرحلة التكبير الاولى .

وكما سبق ان بينا فى الفصل الثالث يتم اضعاف تأثير الضوضاء التى تولدها مقاومة حمل انبوب التصوير ( $R_L$ ) بزيادة قيمة هذه المقاومة . ولكن زيادتها تؤدي الى زيادة تأثير سعة دخل المكبر المتقدم ( $C_L$ ) ، مما يضعف الترددات العليا للاشارة . ويمكن تعويض ذلك برفع استجابة المكبر المتقدم عند الترددات العليا ، بواسطة الدائرة ( $R_1C_1R_2C_2$ ) المبينة فى الشكل ٩ - ١٧ ( ب ) على سبيل المثال . فعند الترددات المنخفضة تنقسم فلطية خرج الصمام الاول بنسبة المقاومتين  $R_1$  ،  $R_2$  ، وعند الترددات العليا ، تقل

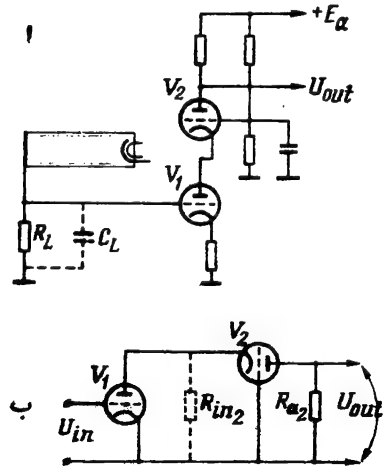


الشكل ٩ - ١٧ . دائرة دخل المكبر الصوري المتقدم (أ) ودائرة تصحيح الاستجابة الترددية (رفع الذروة) (ب)

مفاعلة المكثف  $C_1$  ، فيقل هبوط الفلطية على  $R_1C_1$  ، ومن ثم تزداد فلطية دخل الصمام الثانى . ولكى يتم تعويض تأثير سعة حمل انبوب التصوير ( $C_L$ ) ، ينبغي ان يتحقق الشرط  $R_1C_1 = R_LC_L$  . وتضبط « ذروة » استجابة المكبر المتقدمة بدقة بواسطة المكثف المتغير  $C_1$  .

ومن المفضل لاضعاف تأثير ضوضاء المكبر المتقدم ان يستخدم فى مرحلته الاولى صمام ثلاثى .

ولكن الصمام الثلاثى فى حالة « تأريض الكاثود » يميل الى الاستثارة الذاتية (نتيجة لكبر السعة بين الانود والشبكة) ، بينما يكون فى حالة « تأريض الشبكة » ذا مقاومة دخل منخفضة جدا . ولذلك تستخدم فى المكبرات المتقدمة على نطاق واسع « دائرة الكاسكود » التى تعمل باستقرار وتعطى ادنى مستوى من الضوضاء .



الشكل ٩ - ١٨ . الدائرة الكاسكودية للمكبر الصوري المتقدم (أ) والدائرة المكافئة لها بالنسبة للتيار المتردد (ب)

ويتألف المكبر الكاسكودى ( الشكل ٩ - ١٨ ) من صمامين ثلاثيين ،  
 او لهما ذو كاثود مؤرض ، وثانيتها ذو شبكة مؤرضة . وتعطى مرحلة التكبير  
 ذات الكاثود المؤرض كسبا للفلطية قليل القيمة ( يقارب الواحد ) ، لأنها  
 محملة بالمقاومة المنخفضة لدخل المرحلة ذات الشبكة المؤرضة . وتستخدم  
 المرحلة ذات الكاثود المؤرض لتلافي تأثير دخل المرحلة ذات الشبكة المؤرضة  
 على المقاومة المرتفعة لحمل انبوب التصوير . ويحدث تكبير الاشارة اساسا  
 فى المرحلة الثانية ، ذات الشبكة المؤرضة ، وهى تعطى كسبا مستقرا . اما  
 الكسب الكلى للمكبر الكاسكودى ، فهو يساوى حاصل ضرب المواصلة  
 التبادلية للصمام الاول فى مقاومة حمل الثانى  $K = S_1 R_{L2}$  .  
 وبهذا يكون المكبر الكاسكودى مكافئا فى الكسب للمكبر الذى يعمل  
 بصمام خماسى ذى مواصلة تبادلية مماثلة . ولكن المكبر الكاسكودى افضل  
 كثيرا من المكبر الصمامى الخماسى من حيث الضوضاء .

#### البند ٩ - ١٤ تصحيح التشوهات اللاخطية ( تصحيح غاما المنحنى التحويلي )

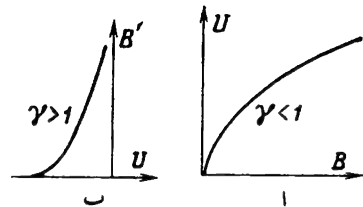
ان المنحنى التحويلي للمنظومة التلفزيونية هو المنحنى الذى يمثل  
 العلاقة بين نصوع الصورة التلفزيونية على شاشة جهاز الاستقبال ونصوع الشئ  
 المتلفز  $B' = f(B)$  .  
 ويتوقف شكل هذا المنحنى المميز لعملية التحويل « من ضوء الى ضوء »  
 على شكل المنحنى التحويلي لكل من انبوب التصوير وقناة الارسال وانبوب  
 الصورة .

ومن الممكن عمليا جعل المنحنى التحويلي لقناة الارسال خطيا تقريبا .  
 وفى هذه الحالة يتحدد شكل المنحنى التحويلي للمنظومة التلفزيونية اساسا بخواص  
 انبوب التصوير ( تحويل الضوء الى اشارة ) وانبوب الصورة ( تحويل الاشارة  
 الى ضوء ) .

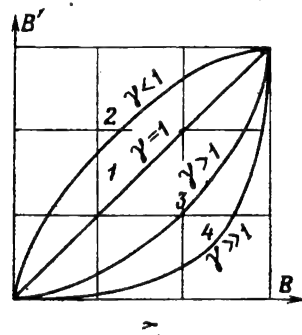
ويمكن بدقة كافية تمثيل المنحنى التحويلي لكل من انبوب التصوير  
 وانبوب الصورة بدالة اسية ، يسمى اسها الغاما (  $\gamma$  ) . وتكون قيمة الغاما لانايب  
 التصوير عادة اقل من الواحد ( حوالى ٠,٥ - ٠,٨ ) ، بينما هى فى حالة  
 انايب الصورة اكبر من الواحد ( الشكل ٩ - ١٩ ) .

واذا كانت الغاما الكلية للمنظومة التلفزيونية تساوى الواحد ( الخط 1 فى الشكل ٩ - ١٩ - ج ) ، فان نسب نصوعات عناصر الصورة تساوى تماما نسب نصوعات عناصر الشئ المتلفز .

اما اذا كانت الغاما الكلية اقل من الواحد ( المنحنى 2 ) ، فان العناصر السوداء ( س ) فى الشئ المتلفز تصبح فى الصورة رمادية ( س' ) ، بينما يعاد انتاج العناصر الرمادية ( س ) كعناصر بيضاء ( ب' ) ، ومن ثم تكون الصورة باهتة قليلة التباين .



وعندما تكون الغاما الكلية اكبر من الواحد ( المنحنى 3 ) ، تنتج ايضا تشوهات لاختطية . ولكن العناصر السوداء ( س ) والرمادية ( س ) فى الشئ المتلفز تناظر على الشاشة عندئذ عناصر سوداء ( س' ) فقط ، فتصبح الصورة اكثر تباينا وحدة . ولهذا تضبط المنظومة التلفزيونية « السوداء والبيضاء » عادة ، بحيث تكون  $\gamma > 1$  .



الشكل ٩ - ١٩ . المنحنيات التحويلية الضوئية لانبوب التصوير ( أ ) وأنبوب الصورة ( ب ) والمنظومة التلفزيونية « من الضوء الى الضوء » من أجل قيم مختلفة  $\gamma$  ( ج )

واذا كانت الغاما اكبر كثيرا من

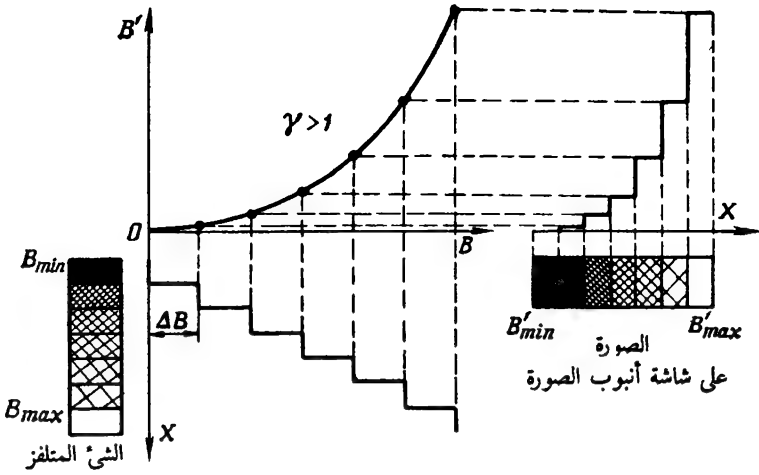
الواحد ( المنحنى 4 ) ، فان الصورة

الناتجة على شاشة انبوب الصورة تكون قاتمة وكثيية وغير واضحة المعالم . وتؤدى لاختطية المنحنى التحويلي فى حالة التلفزيون الملون الى تشويه صبغات ( نقبات ) الالوان . فيجب ان تكون الغاما فى هذه الحالة مساوية للواحد .

وبين الشكل ٩ - ٢٠ تأثير لاختطية المنحنى التحويلي للمنظومة التلفزيونية

( عندما  $\gamma > 1$  ) على اعادة انتاج اشربة متتالية متدرجة النصوص ، تشكل ما

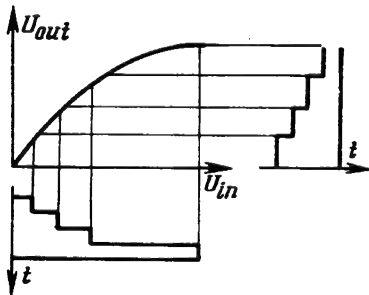




الشكل ٩ - ٢٠. تشوه تدرجات النصوص في حالة عدم خطية المنحنى التحويل للمنظومة التلفزيونية

يسمى بمقياس او سلم الرماديات . ويتضح من الشكل ان لاختية المنحنى التحويلى تؤدي الى اختلاف مقدار تغير (تدرج) نصوص الاشرطة المتجاورة على شاشة أنبوب الصورة (ويصبح تدرج الاجزاء القائمة اقل من تدرج الاجزاء الناصعة) .

ويتم الحصول على القيمة اللازمة لغاما المنظومة التلفزيونية باستخدام

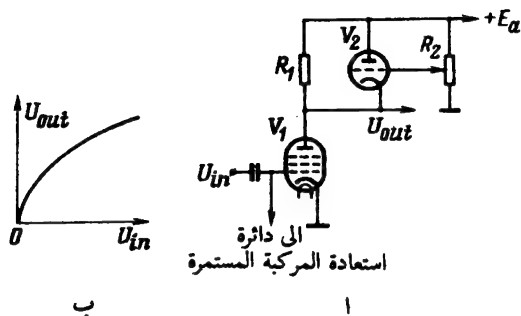


مصصح الغاما الذى هو عبارة عن مكبر ذى منحنى تحويلى متغير الشكل . وكما يبين الشكل ٩ - ٢١ يمكن اختيار شكل المنحنى التحويلى لمصصح الغاما، بحيث تتم استعادة الشكل الموجى الصحيح لاشارة «سلم الرماديات» (فتصبح «درجات السلم» فى خرج مصصح الغاما متساوية القيمة) .

الشكل ٩ - ٢١ . مبدأ عمل مصصح الغاما

وثمة دوائر مختلفة لمصححات الغاما . وستأمل على سبيل المثال دائرة تصحيح الغاما بواسطة حمل انودى غير خطى (الشكل ٩ - ٢٢) . ويتألف

حمل صمام التكبير فى هذه الدائرة من مقاومة عادية  $R_1$  وصمام ثلاثى  $V_2$  كمقاومة غير خطية . وتتوقف مقاومة الصمام  $V_2$  للتيار المستمر على فرق الجهد بين شبكته وكاثوده ، فتتحدد بوضع ذراع مجزئ الجهد  $R_2$  وجهد انود الصمام  $V_1$  . واذا سلطنا الإشارة على دخل الصمام  $V_1$  ، فإن جهد انوده سيتغير ، وسيتغير معه فرق الجهد بين شبكة الصمام  $V_2$  وكاثوده . فعندما يزداد جهد شبكة الصمام

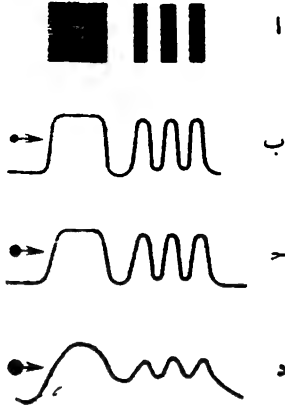


الشكل ٩ - ٢٢ . الدائرة المبسطة لمصحح الغاما (أ) وشكل منحنى التحويل (ب)

$V_1$  ، ينخفض جهد انوده ، فيزداد الجهد الموجب لشبكة الصمام  $V_2$  بالنسبة الى كاثوده ، وتقل مقاومته للتيار المستمر ، ومن ثم تقل المقاومة الكلية لحمل الصمام  $V_1$  ، فينخفض كسبه . وهكذا تتميز الدائرة بمنحنى تحويل غير خطى ( الشكل ٩ - ٢٢ - ب ) ويمكن ضبط اللاخطية بواسطة مجزئ الجهد  $R_2$  . وتتصف الدائرة بعيب هو ان اتساع إشارة الخرج يتغير عند ضبط شكل المنحنى التحويلى .

#### البند ٩ - ١٥ تصحيح التشوه الناجم عن النقطة الماسحة ( تصحيح « الفتحة » )

ان المقصود بالنقطة الماسحة او « فتحة » المسح هو مقطع الحزمة الالكترونية الماسحة فى انبوب التصوير او انبوب الصورة . ويؤدى كبر ابعاد « الفتحة » الى تشويه خاص للإشارة الصورية يسمى تشويه « الفتحة » او التشويه الناجم عن النقطة الماسحة .



الشكل ٩-٢٣ . التشوهات  
الناجمة عن النقطة الماسحة  
« الفتحة » : أ - الصورة

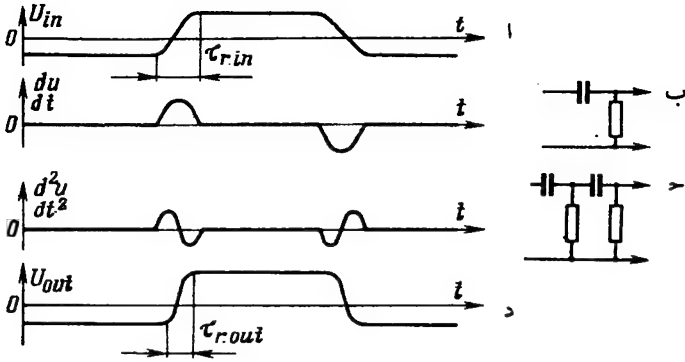
الأصلية (المرسلة) ؛ ب -  
الشكل الموجي للإشارة عندما تكون  
الفتحة (النقطة الماسحة) أصغر  
بكثير من عرض تفاصيل الصورة  
الجاري إرسالها ؛ ج - الشكل  
الموجي للإشارة عندما يكون  
مقاس الفتحة من رتبة عرض تفاصيل  
الصورة الجاري إرسالها ؛ د -  
الشكل الموجي للإشارة عندما يكون  
مقاس الفتحة أكبر من عرض  
تفاصيل الصورة الجاري إرسالها

لنفترض ان الصورة المتلفزة عبارة عن  
عدة اشربة رأسية مختلفة العرض ( الشكل  
٩-٢٣ ) . فاذا كانت فتحة المسح في  
أنبوب التصوير صغيرة بالمقارنة مع عرض  
كل شريط ، فان حافات نبضات الإشارة  
الصورية التي ينتجها انبوب التصوير تكون  
حادة للدرجة كافية ( الشكل ب ) . واذا زدنا  
مقاس « الفتحة » ، فان النبضات تتشوه  
( الشكل ج ) ، وتصبح حافات اقل حدة .  
خاصة في حالة تساوى قطر الفتحة وعرض  
الشريط ، اذ تصير النبضات جيبيه الشكل .  
واذا تابعنا زيادة مقاس الفتحة ( الشكل د ) ،  
فان مستوى النبضات الناتجة عن الاشربة الضيقة  
يقل كثيرا ، وقد يقارب مستوى الضوضاء .  
وهكذا نرى ان كبر الفتحة يسيء الى بيان  
تفاصيل الصورة وحدة حدودها ، كما يؤدي  
الى فقد او خفض تباين اجزائها الدقيقة .

ومما يميز التشوه الناجم عن الفتحة انه  
يمثل التشوه الذي يسببه مكبر صوري ذو  
استجابة ترددية منخفضة تدريجيا عند الترددات  
العليا وذو استجابة طور خطية ( لأن تشويه

« الفتحة » لا يؤدي الى انزياح فى الطور ) . ويتحدد مقدار التشوه بنسبة  
مقاس الشاشة او لوح الهدف الى مقاس الفتحة ، ولذا نجده اكثر ملحوظة  
عند استعمال الفيديوكون وغيره من انابيب التصوير المستخدمة للوح هدف  
صغير المقاس \* .

ويتم تصحيح التشوه الناجم عن الفتحة بواسطة دائرة خاصة تتميز  
باستجابة ترددية مرتفعة عند الترددات العليا واستجابة طورية خطية .



الشكل ٩ - ٢٤ . الطريقة التفاضلية لتصحيح « الفتحة » :

أ- الشكل الموجي الحقيقي للإشارة في حالة وجود تشوهات « الفتحة » ؛ ب- الشكل الموجي للإشارة الخارجة من دائرة التفاضل (المشتق الأول للإشارة) ؛ ج- الشكل الموجي للإشارة الخارجة من دائرة التفاضل المزدوجة (المشتق الثاني للإشارة) ؛ د- الشكل الموجي للإشارة المصححة :

$$U_{out} = U_{in} + \left( \frac{d^2u}{dt^2} \right)$$

وبين الشكل ٩ - ٢٤ طريقة تصحيح « الفتحة » التي اقترحها العالم السوفييتي براودي في عام ١٩٥٢ . وتتلخص هذه الطريقة في زيادة حدة حافات نبضات الإشارة بإجراء تفاضل مزدوج لها للحصول على إشارة تضاف إليها بشكل مناسب .

## الفصل العاشر

# مولدات المسح التلفزيوني

### البند ١٠ - ١ فكرة عامة عن مولدات المسح

تستخدم مولدات المسح للتحكم في حركة الشعاع الإلكتروني الذي يقرأ المعلومات من لوح هدف انبوب التصوير ، او الذي يرسم الهيكل الخطي على شاشة انبوب الصورة .

ولكى تتم تلفزة الصور على نحو صحيح ينبغي ان تحقق مولدات المسح تحريك شعاع انبوب الصورة بسرعة واحدة وطور واحد مع شعاع انبوب التصوير . ورغم ان قانون حركة الشعاعين يمكن ان يختار ايا كان ، نجد ان اغلب الانظمة التلفزيونية تستخدم الحركة المنتظمة افقيا ( من اليسار الى اليمين ) ورأسيا ( من الاعلى الى الاسفل ) .

وكما سبق ان بينا في الفصل الرابع ، يتناسب مقدار انحراف الشعاع بالطريقة المغنطيسية الكهربائية تناسباً طردياً مع شدة التيار المار في ملفات الانحراف . فلكى يتحرك الشعاع على سطح الشاشة ( لوح الهدف ) حركة منتظمة ( بسرعة ثابتة ) ، ينبغي ان يتزايد التيار المار في ملفات الانحراف تزايداً خطياً .

ولا تعار أهمية لقانون تغير التيار في فترات الارتداد . وعندما يكون تيار الانحراف على شكل تيار المنشار ، يتأمن تساوى بيان الصورة بنصوعها في كل نقاط الشاشة .

ومن اهم متطلبات مولدات المسح التلفزيوني :

١ - خطية ( استقامة ) تزايد التيار في ملفات الانحراف \* ؛

---

\* غير انه اذا كان انبوب الصورة كبير الزاوية وذات شاشة مستوية نسبياً ، ينبغي ان يتغير التيار حسب قانون غير خطي اكثر تعقيداً .

- ٢- تأمين الاتساع الضروري للتيار المار في ملفات الانحراف ؛
- ٣- سهولة المزامنة ؛
- ٤- سهولة واستقلال ضبط تردد واتساع تيار سن المنشار ؛
- ٥- استقرار التردد والاتساع ؛
- ٦- اقتصادية قصوى ( في استهلاك التيار ) .

## البند ١٠- ٢ الشكل الموجي للفلطية المسلسلة على ملفات الانحراف

ان ملف الانحراف ذا معاوقة تتألف من محاثية ومقاومة ( الشكل ١٠- ١- أ ) . فما هو الشكل الموجي للفلطية الواجب تسليطها على ملف الانحراف ، حتى يسرى فيه تيار سن المنشار ؟

سنحل هذه المسألة حلا

عكسيا : لنفترض ان التيار المار

في ملف الانحراف هو على

شكل سن المنشار . وفي هذه

الحالة تكون الفلطية الهابطة على

مقاومة الملف على شكل سن

المنشار ايضا . واذا كان التيار

المار في الملف يتزايد ويتناقص

خطيا ، فان القوة الدافعة الكهربائية

المستحثة في محاثية الملف  $e_L$

ستكون ثابتة عند تزايد التيار او

تناقصه . وعند انتهاء المسح الفعال

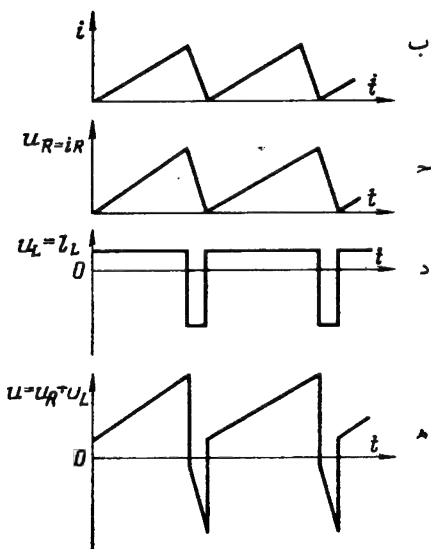
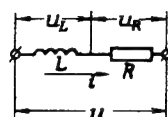
وبداية الارتداد ينعكس اتجاه

القوة الدافعة الكهربائية المستحثة

وتصبح سالبة . وطالما ان سرعة

تغير التيار في فترة الارتداد اكبر

مما هي في فترة المسح الفعال ،

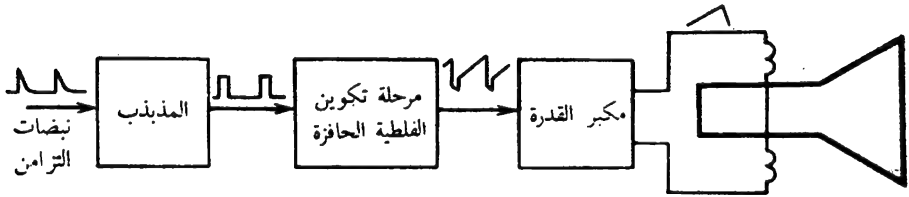


الشكل ١٠- ١ . الدائرة المكافئة لملف الانحراف والاشكال الموجية لفلطيات مختلف مكوناتها

نجد ان القوة الدافعة الكهربائية المستحثة فى تلك الفترة اكبر ايضا .  
وتكون الفلطة الهابطة على الملف مساوية ومعاكسة بالعلامة للقوة الدافعة  
الكهربائية المستحثة فيه ( $u_L = -e_L$ ) ، وهى مبينة بالشكل ١٠-١-د .  
وبذلك نستنتج انه لكى يكون التيار المار فى ملف الانحراف على شكل  
سن المنشار ينبغى ان تكون الفلطة المسلطة عليه عبارة عن فلطة سن منشار  
اضيفت اليها فلطة نبضية كما فى الشكل ١٠-١-هـ .

### البند ١٠-٣ الرسم التخطيطى لمراحل مولد المسح التلفزيونى

ان مولد المسح ( الشكل ١٠-٢ ) يتالف فى الغالب من ثلاث مراحل ،  
هى : المذبذب الذى تتحكم فيه نبضات التزامن ، ودائرة تشكيل الفلطة  
الحافزة ، ومرحلة الخرج ( مكبر القدرة ) .



الشكل ١٠-٢ . رسم تخطيطى لمراحل مولد المسح التلفزيونى

ويستخدم فى مولد المسح عادة المذبذب المانع او المذبذب المتعدد  
غير المتماثل .

وتسلط نبضات المذبذب على دائرة تشكيل الفلطة الحافزة . وتقوم  
هذه الدائرة بتكوين فلطة على شكل موجة سن المنشار ذات المركبة  
النبضية .

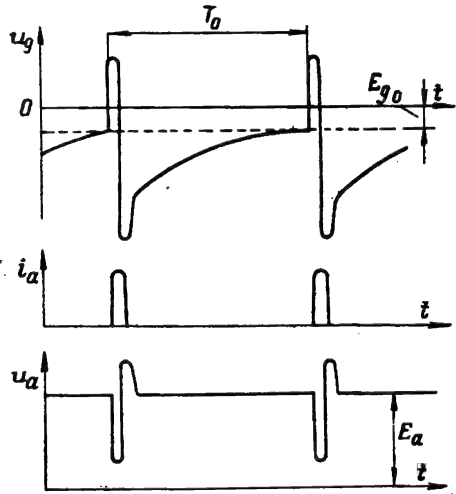
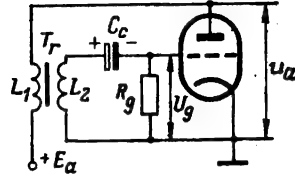
ويتم تكبير الفلطة الحافزة بواسطة مكبر قدرة ، طالما ان ملفى الانحراف  
يستهلكان قدرة كبيرة نسبيا .

## البند ١٠ - ٤ مذبذبات المسح

(١) المذبذب المانع : ان المذبذب المانع عبارة عن مذبذب جيبي ذى تغذية خلفية كبيرة جدا يحصل عليها بواسطة محول او محول ذاتى . وبين الشكل ١٠ - ٣ الدائرة الاساسية للمذبذب المانع ، وفيها يتم الحصول على التغذية الخلفية الشديدة

بواسطة محول ذى قلب حديدى . وتوصل نهايات ملفى المحول بالدائرة ، بحيث يؤدى الحث المتبادل بين ملفى المحول الى ان تكون فلتية شبكة الصمام موجبة عند تزايد تيار الانود ، وسالبة عند تناقصه .

لنتأمل العمليات الجارية فى الدائرة ابتداء من اللحظة التى يكون فيها المكثف  $C_c$  قد شحن بتيار شبكة الصمام ، وتيار الانود يساوى الصفر ، وجهد الانود يساوى  $E_a$  .



الشكل ١٠ - ٣ . دائرة المذبذب المانع والاشكال الموجية للفلطيات

وينبغى ان تكون قيمة المقاومة  $R_g$  عشرات او مئات الكيلو اوم ، بحيث يكون الثابت الزمنى لدائرة تفريغ المكثف  $C_c$  كبيرا جدا (ويمكن اهمال المقاومة الفعالة للملف  $L_2$  بالنسبة للمقاومة  $R_g$ ) . وعندما يجرى تفريغ المكثف  $C_c$  ، يرتفع جهد انحياز شبكة الصمام ، حتى اذا اصبح مساويا جهد القطع  $E_{g0}$  يبدأ الصمام بالتوصيل . ولكن تيار الانود يتزايد فى البداية ببطء شديد ، طالما ان نقطة تشغيل الصمام لا تزال على الجزء السفلى من المنحنى المميز للصمام . ولما كان تفريغ المكثف



$C_e$  يحدث ببطء ، فان القوة الدافعة الكهربائية التي يستحثها تيار التفريغ في الملف  $L_2$  تكون عندئذ مهمة .

ويؤدي ارتفاع جهد شبكة الصمام الى ازدياد تيار الانود الذي يستحث في الملف  $L_2$  فطلية ترفع جهد الشبكة ، ومن ثم تزيد ايضا تيار الانود . وطالما ان مقدار التغذية الخلفية الموجبة كبير جدا ، فان عملية ازدياد تيار الانود تجري اسرع فاسرع ، ومن ثم يرتفع جهد الشبكة وينخفض جهد الانود اكثر فأكثر .

وعندما يصبح جهد الشبكة موجبا ، يظهر تيار الشبكة ، فيستحث في الملف  $L_2$  قوة دافعة كهربائية تعيق ازدياد جهد الشبكة وتيار الانود . وبعد ظهور تيار الشبكة تبدأ إعادة شحن المكثف  $C_e$  ، كما تبدأ إعادة توزيع تيار الكاثود بين تيار الانود وتيار الشبكة . ويؤدي ذلك الى توقف جهد الشبكة وتيار الانود عن الازدياد . وينخفض جهد الشبكة ببطء شديد ، فيتناقص تيار الانود والشبكة ببطء ايضا . وينجم عن تناقص تيار الشبكة ان يتبدل اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المستحثة في الملف  $L_2$  ، مما يعيق انخفاض جهد الشبكة .

وعندما يتناقص تيار الانود ، تتزاح نقطة تشغيل الصمام على المنحنى المميز لتيار الانود وجهد الشبكة في الاتجاه العكسي حتى تصل الى الجزء الذي تكون فيه المواصلة التبادلية للصمام كبيرة القيمة ، فيبدأ تيار الانود بالانخفاض بسرعة ويستحث في الملف  $L_2$  قوة دافعة كهربائية تسلط على الشبكة كفلطية سالبة ، مما يعجل من هبوط تيار الانود . ونتيجة لذلك يصبح الصمام في حالة القطع (اي حالة «المنع» ، ومن هنا جاء اسم المذبذب المانع ) ، وتعود الدائرة الى حالتها الاصلية . وعند حدوث إعادة التوليد في الدائرة ( عندما تنعكس حالتها ) يؤدي الهبوط السريع في تيار الانود الى الاستثارة الصدمية للدائرة المؤلفة من الملف  $L_2$  وسعته الموزعة . ويتم اخماد ذبذبات هذه الدائرة بواسطة مقاومة توصل على التوازي مع الملف . ويبقى من تلك الذبذبات نصف ذبذبة فقط .

ويتضح مما ذكر ان شحن المكثف  $C_e$  يجرى عن طريق المقاومة بين الشبكة والكاثود عندما يكون الصمام فى حالة التوصيل ، وهى مقاومة صغيرة نسبيا (حوالى ١٠٠٠ أوم) ، ولذلك يمكن ان يولد المذبذب المانع نبضات قصيرة الامد (امدها اجزاء من الميكروثانية) ، كبيرة القلرة ، على شكل موجة مستطيلة تقريبا ذات نسبة نبضات عالية جدا .

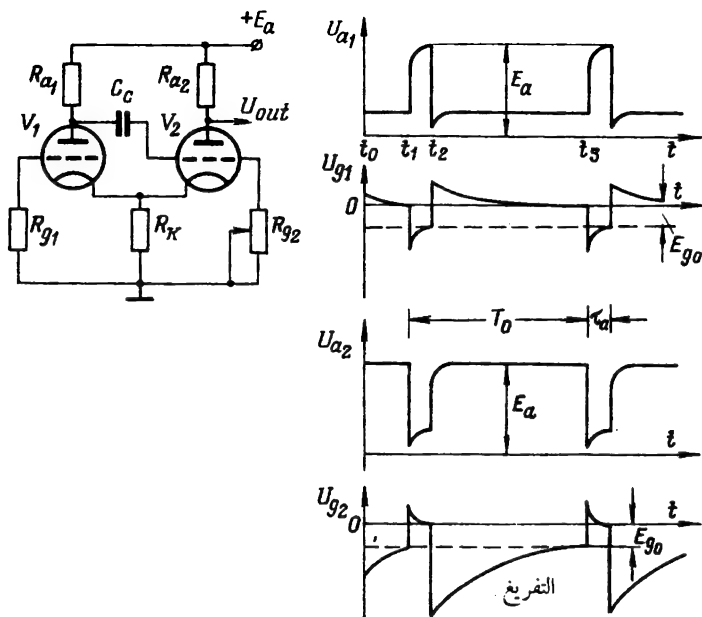
ويتحدد تردد المذبذب المانع اساسا بالسعة  $C_e$  والمقاومة  $R_g$  ، ويتوقف ايضا للدرجة معينة على بارامترات الصمام وقلطيات تشغيله (خاصة على قلطية القطع  $E_{go}$ ) . ويتم التحكم فى تردد المذبذب « الطليق الحركة » عادة بالتحكم فى قيمة المقاومة  $R_g$  التى تختار عادة متغيرة .

ويمكن ان يعطى المذبذب المانع كقلطية خرج : نبضات سالبة كبيرة الاتساع تتولد على الانود ، او نبضات موجبة تنتجها مقاومة صغيرة نوصلها بدائرة الكاثود ، او نبضات متناوبة القلطية نحصل عليها من ملف ثالث للمحول . ويمكن ايضا ان نأخذ النبضات الموجبة الصغيرة الاتساع من شبكة الصمام ، كما يمكن اخذ النبضات السالبة من مقاومة صغيرة نوصلها بدائرة الانود .

ومن اهم عناصر المذبذب المانع محول النبضات الذى ينبغى ان تكون سعاته ومحاثاته الشاردة ومفقودات قلبه صغيرة جدا ، لكى تكون نبضاته حادة الحافات ، كما ينبغى ان يكون العزل بين لفاته جيدا جدا لتفادى الانهيار الكهربائى .

ومما يتميز به محول المذبذب المانع المستخدم للمسح الافقى ان نسبة لفاته تساوى ٢ : ١ تقريبا ، وعدد لفاته عدة مئات ، بينما يتطلب المذبذب المانع الرأسى نسبة تحويل قلرها ١ : ٢ تقريبا ، ولفات عددها عدة الاف . وينجم الاختلاف فى تصميم محول المذبذبين الافقى والرأسى عن اختلاف امد النبضة الذى ينبغى ان يساوى ٥ - ١٠ ميكروثانية فى المذبذب الافقى وحوالى ١ مى ثانية ( اى ١٠٠٠ ميكروثانية ) فى المذبذب الرأسى . ويعمل المذبذب المانع عادة بصمام ثلاثى .

(٢) المذبذب المتعدد غير المتماثل ذو التقارن الكاثودى : تتألف الدائرة المبينة فى الشكل ١٠ - ٤ من صمامين مقرنين بالدائرة  $C_e R_k$  ، ومقرنين ايضا بالمقاومة الكاثودية المشتركة  $R_k$  .



الشكل ١٠ - ٤ . دائرة المذبذب المتعدد ذو التقارن الكاثودى والاشكال الموجية للفلطيات

لنفترض ان الصمام  $V_1$  فى الحالة الاصلية يوصل ، بينما الصمام  $V_2$  يقطع ( وهذه الحالة تقابل فى الرسوم البيانية الفترة  $t_0 - t_1$  ) . وعندئذ يحدث تفريغ المكثف  $C_c$  عن طريق الدائرة التى تشمل الصمام الموصل  $V_1$  من انوده الى كاثوده ، فالمقاومة  $R_k$  ، والمقاومة  $R_{g2}$  . وتنتج على المقاومة  $R_{g2}$  بمرور تيار التفريغ فيها فلطية سالبة تجعل الصمام  $V_2$  يقطع . ويقل تيار التفريغ تدريجيا ، فتقل الفلطة السالبة الناتجة على شبكة الصمام  $V_2$  ، وبعد ان تبلغ القيمة  $E_{go}$  التى يبدأ عندها الصمام  $V_2$  بالتوصيل ، يمر تيار هذا الصمام بالمقاومة  $R_k$  ، فتنتج عليها فلطية سالبة تجعل الصمام  $V_1$  يبدأ بالقطع . وعندئذ يرتفع جهد انود الصمام  $V_1$  ، وتبدأ اعادة شحن المكثف  $C_c$  بتيار يمر من شبكة الصمام الموصل  $V_2$  الى كاثوده ، فالمقاومة  $R_k$  ، ثم يمنع الانود  $E_a$  ، والمقاومة

$R_{a1}$  . وينتج ذلك التيار على شبكة الصمام  $V_2$  فلطية موجبة تزيد تيار انوده اكثر فاكثر . ويؤدي مرور تيار اعادة شحن المكثف  $C_e$  و تيار انود الصمام  $V_2$  من خلال المقاومة  $R_{a1}$  الى ان تصبح فلطية انحياز شبكة الصمام  $V_1$  سالبة ، مما يجعل هذا الصمام فى حالة القطع . ويتم اعادة شحن المكثف  $C_e$  بسرعة كبيرة نسبيا ، طالما ان المقاومتين  $R_{a1}$  و  $R_{g1}$  صغيرتا القيمة ، ومن ثم يقل تيار اعادة الشحن والجهد السالب لشبكة الصمام  $V_1$  بسرعة كبيرة ايضا . وعندما يصبح جهد شبكة الصمام  $V_1$  مساويا للجهد  $E_{g0}$  الذى يبدأ عنده بالتوصيل (فى اللحظة  $t_2$ ) يزداد تياره بحددة ، بينما يصبح الصمام  $V_2$  فى حالة القطع . وبعد ذلك يبدأ شحن المكثف  $C_e$  ثانية (ويستمر حتى اللحظة  $t_3$ ) . وطالما ان الثابت الزمنى لدائرة تفريغ المكثف  $C_e$  اكبر كثيرا من الثابت الزمنى لشحنه ، فان الفترة الفاصلة بين نبضات الخرج السالبة (المأخوذة من انود احد الصمامين) اكبر كثيرا من امد كل نبضة . ويتم ضبط تردد المذبذب المتعدد بتغيير قيمة المقاومة  $R_{g2}$  .

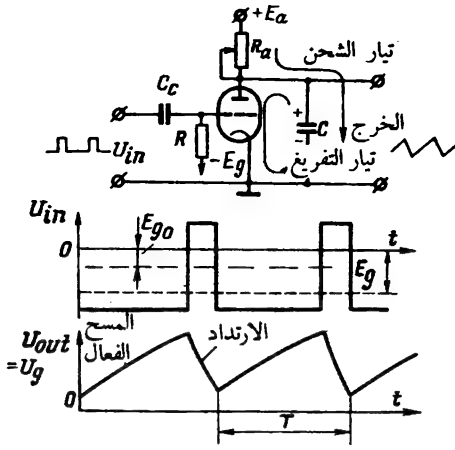
ويعمل المذبذب المتعدد عادة بصمام ثلاثى مزدوج .

ومما يمتاز به المذبذب المتعدد انه لا يحتاج الى محول ، وتردده اكثر استقرارا من تردد المذبذب المانع .

## البند ١٠-٥ دائرة تشكيل الفلطة الحافزة

(١) تشكيل الفلطة المتزايدة خطيا : يتم المسح التلفزيونى بواسطة فلطية تتزايد خطيا فى فترات المسح الفعال .

ويبين الشكل ١٠-٥ دائرة لتشكيل مثل هذه الفلطة . وتختار فلطية الانحياز  $E_{g0}$  ، بحيث يكون الصمام فى حالة القطع فى الفترات الفاصلة بين النبضات . وفى هذه الفترات يجرى شحن المكثف  $C$  بتيار يمر فى الدائرة المؤلفة من منبع الانود  $E_a$  والمقاومة  $R_a$  والمكثف  $C$  . وعندما تصل احدى النبضات المستطيلة الى شبكة الصمام ، تجعله يوصل فى الفترة الفاصلة بين حافتيها الامامية والخلفية ، واثناء ذلك يفرغ المكثف  $C$  شحنته عن طريق



الشكل ١٠ - ٥ . دائرة تكوين الفلطة المتزايدة خطيا  
والاشكال الموجية للفلطيات

الصمام . وبعد الحافة الخلفية للنبضة يبدأ شحن المكثف  $C$  ثانية . ويجرى شحن المكثف  $C$  عن طريق المقاومة  $R_a$  في فترة المسح الفعال ، بينما يجرى تفريغه عن طريق الصمام في فترة الارتداد .

ومن المعروف ان شحن اى مكثف من مصدر تيار مستمر عن طريق مقاومة اومية يجرى حسب قانون اسي . ويمكن ان يعتبر المنحنى

الاسى خطيا (مستقيما) تقريبا اذا استخدم جزء صغير منه فقط . ولذلك يختار الثابت الزمنى لدائرة الشحن  $R_a C$  اكبر عشر مرات تقريبا من مدة دور المسح ، بحيث يتم شحن المكثف  $C$  حتى حوالى عشر قيمة  $E_a$  فقط ، وبهذا يكون اتساع فلطية سن المنشار مساوية  $0,1E_a$  تقريبا . ويفضل لتوفير قدرة منبع التغذية المفقودة في المقاومة  $R_a$  جعل تيار شحن المكثف  $C$  صغيرا . ولذلك ينبغى ان تكون قيمة المقاومة  $R_a$  كبيرة والسعة  $C$  صغيرة . ولكن قيمة  $R_a$  يجب الا تكون كبيرة لئلا يتأثر عمل الدائرة بعدم استقرار تسرب العزل .

ومن المفضل ايضا ان تكون السعة  $C$  كبيرة لكى يكون من الممكن استخدام صمام تفريغ قليل القدرة . ولكن تلك السعة يجب ان تكون اكبر بحوالى ١٠ مرات من السعة الطفيلية  $C_a$  التى تتألف من سعة خرج صمام التفريغ وسعة دخل المكبر اللاحق وسعة التوصيلات ، مع العلم ان  $C_a$  تساوى عادة ٢٠ - ٣٠ بيكوفاراد . ومن الضروري جعل  $C \gg C_a$  حتى لا يتأثر عمل الدائرة بتغير قيمة السعة الطفيلية  $C_a$  عند تبديل الصمامات .

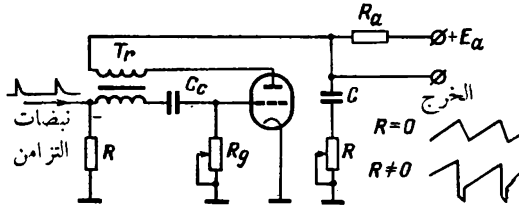
ويتم التحكم فى اتساع موجة سن المنشار عادة بتغيير قيمة المقاومة  $R_a$  .

ذات المركبة النبضية : كما سبق

الشكل ١٠-٦ . دائرة تكوين فلطية سن  
المنشار ذات المركبة النبضية

وطالما ان تيار التفريغ معاكس بالاتجاه لتيار الشحن ، فان اشارة الفلطية الهابطة على المقاومة  $R$  تتبدل دوريا في بدايات فترات الشحن والتفريغ . وتكون فلطية الخرج من مجموع فلطية سن المنشار  $U_c$  والفلطية النبضية  $U_R$  . ومن اجل اختصار عدد صمامات مولد المسح الافقى شاع على نطاق

۲۱۴



الشكل ١٠ - ٧ . دائرة للذبذب المانع أضعف لها مكثف ومقاومة لتكوين موجة سن المنشار ذات المركبة النبضية

في حالة التوصيل يجري تفريغ المكثف عن طريق ملف المحول والصمام من الانود الى الكاثود والمقاومة  $R$  . وتتكون فلتية الخرج على الدائرة  $RC$  ، وهي تتألف من موجة سن المنشار والموجة المستطيلة . واذا قصرنا دائرة المقاومة  $R$  ( اي اذا جعلنا  $R=0$  ) ، فان فلتية الخرج تتكون من موجة سن المنشار فقط .

## البند ١٠ - ٦ مرحلة خرج مولد المسح الافقى

( ١ ) خصوصيات مولد المسح الافقى : ان تردد المسح الافقى يساوى في النظام التلفزيونى السوفيتى ( او الاوروبى ) ١٥,٦٢٥ كيلوهرتز ، بينما تبلغ فترة الارتداد الافقى عدة ميكروثوانى فقط . ولذلك تتولد فى ملفى الانحراف الافقى فى وقت الارتداد قوة دافعة كهربائية حثية كبيرة جدا . ولكى يكون الشكل الموجى لتيار سن المنشار الذى تعطيه مرحلة خرج المسح الافقى غير مشوه ، يجب ان تكون هذه المرحلة عريضة النطاق ، وينبغى ان يمتد نطاقها من ١٥ الى ٤٥٠ - ٧٥٠ كيلوهرتز ( ليتسع لحوالى ٣٠ - ٥٠ توافقية من توافقيات تردد المسح الافقى ) .

ومن اجل تقليل السعة الموزعة بين لفات ملفى الانحراف الافقى ، يختار عدد اللفات قليلا نسبيا ( ٣٠٠ - ٤٠٠ لفة ) ، ويوصل الملفان بدائرة انود صمام الخرج عن طريق محول توفيق خافض للفلطية .

ولتقليل مفقودات القدرة يختار مشكل المحول ( او المحول الذاتي ) المستخدم فى مرحلة الخرج الافقى للتوفيق من مادة ذات مفقودات قليلة ، كما يختار قلب المحول من الفريت ( مادة حديدية اكسيدية ) . وينبغى ان تكون القدرة المتاحة لصمام خرج المسح الافقى كافية لتأمين الاتساع الضرورى لتيار ملفى الانحراف .

وتعمل مرحلة الخرج الافقى بصمام قدرة خماسى او رباعى ، ولا يستخدم فيها الصمام الثلاثى لانه ذو معامل تكبير اقل ، ويتطلب تسليط فلتية كبيرة على شبكته حتى يقطع فى فترات الارتداد .

ويجب ان تكون القدرة المتاحة تشتيها على الشبكة الحاجبة لصمام الخرج الافقى كبيرة لدرجة كافية ، لأن تيار الشبكة الحاجبة يزداد كثيرا فى فترات المسح الفعال نتيجة لانخفاض جهد الانود فى هذه الفترات .

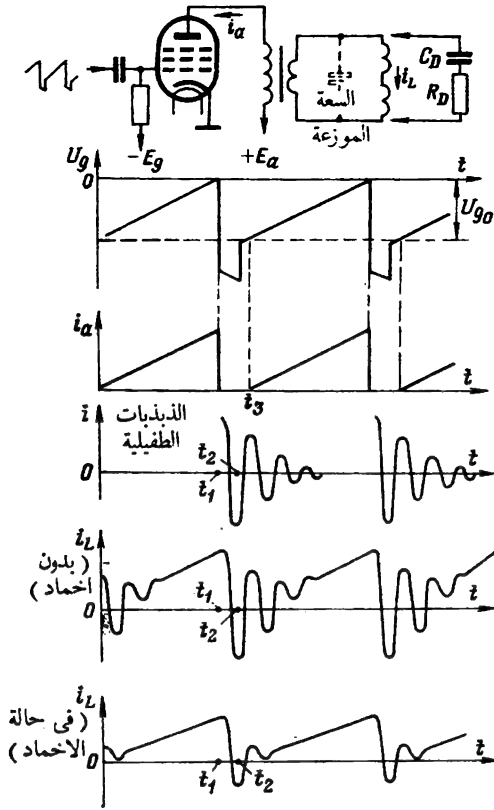
وينبغى ان يتحمل صمام الخرج الافقى الاندفاعات الكبيرة لفلطية الانود فى فترات الارتداد . ولذلك تستخدم فى مكبرات قدرة المسح الافقى صمامات خماسية او رباعية خاصة .

( ٢ ) الذبذبات الطفيلية واخمادها : عندما تصل الى شبكة الصمام فى اللحظة  $t_1$  ( الشكل ١٠ - ٨ ) نبضة سالبة ، يقل تيار الانود فجأة حتى الصفر ، ولكن التيار المار فى ملفى الانحراف لا يمكن ان ينعدم فورا . ففى فترة المسح الفعال يجرى اختزان الطاقة فى المجال المغنطيسى لملفى الانحراف ، وعندما يتوقف التزايد الخطى للتيار انمار فيهما فى اللحظة  $t_1$  ، تسبب الطاقة المخزنة فى مجالهما استثارة صدمية للذبذبات طفيلية يتحدد ترددها بمحاثتهما وسعتهما الموزعة .

ولا تنشأ مثل هذه الذبذبات فى ملفى الانحراف الرأسى لأن فترة الارتداد الرأسى كبيرة نسبيا ، ويتناقص تيار الملفين خلالها تناقصا تدريجيا .

ويؤدى تراكب تيار الذبذبات الطفيلية الناشئة فى ملفى الانحراف الافقى مع تيار سن المنشار بعد لحظة انتهاء فترة الارتداد ( $t_1$ ) الى اختلال خطية (استقامة) تيار المسح الفعال . وينجم عن ذلك ان تكون حركة الشعاع





الشكل ١٠ - ٨ . نشوء الذبذبات الطفيلية في ملفى الانحراف الافقى

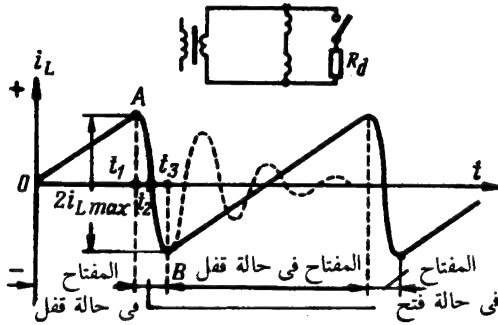
الالكترونى الماسح غير منتظمة ، فتشوه الصورة ( اذ تظهر عند الطرف الايسر لاطار الصورة اشربة رأسية تشبه الاعمدة ) .

ويسهل القضاء على الذبذبات الطفيلية اذا كان ترددها اكبر كثيرا من تردد المسح الافقى ، ولهذا ينبغي ان يكون ملفا الانحراف قليلى اللغات ، كما يجب ان تكون سعتهما الموزعة قليلة . ويتم كبت الذبذبات الطفيلية الناشئة فى ملفى الانحراف الافقى بتوصيل مقاومة مخدمة ( كابطة ) او ثنائى مخمد على التوازى مع الملفين .

وعندما تستخدم لكبت الذبذبات الطفيلية مقاومة مخدمة  $R_d$  ، يوصل معها على التوالى مكثف  $C_d$  تختار سعته ، بحيث تكون مفاعله كبيرة جدا

للتيار ذى التردد الافقى وصغيرة جدا لتيار الذبذبات الطفيلية . وعندئذ يكون التيار المار بالمقاومة المخمدة فى فترة المسح الفعال صغيرا جدا ومهملا بالنسبة الى تيار ملفى الانحراف ، بينما يكون فى فترة الارتداد كبيرا جدا وكافيا لاختامد الذبذبات الطفيلية الناشئة فى ملفى الانحراف .

وعيب هذه الطريقة ان الطاقة التى يخترنها ملفا الانحراف فى فترة المسح الفعال تضيع كليا وتتحول الى حرارة . وللتخلص من هذا العيب ينبغي الا تتم ايقاف الذبذبات الطفيلية فورا فى لحظة ابتداء فترة الارتداد ، وانما بعد وقت يساوى نصف مدة دور الذبذبات الطفيلية ، لكى تتحول طاقة المجال المغنطيسى للملف الى طاقة المجال الكهربائى لسعته الشاردة . ولذلك يستخدم مفتاح يوصل بالمقاومة المخمدة ، كما فى الشكل ١٠ - ٩ .



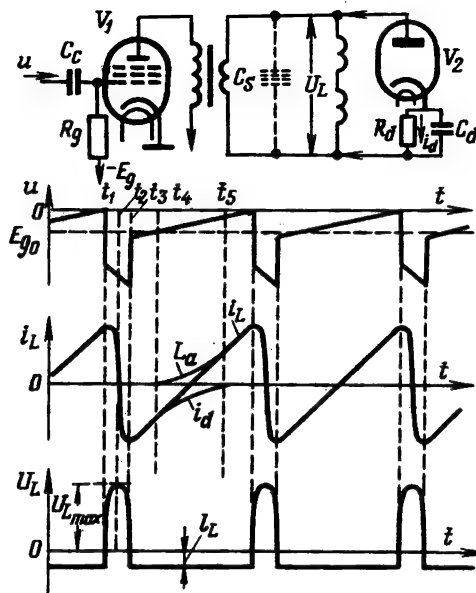
الشكل ١٠ - ٩ . الحصول على اخماد فعال

وبمقارنة الشكلين ١٠ - ٨ و ١٠ - ٩ نرى انه عند الاستفادة من الطاقة التى يخترنها ملفا الانحراف فى مجالهما المغنطيسى خلال فترة المسح الفعال ، يمكن الحصول على تيار انحراف ذى اتساع مضاعف .

وبين الشكل ١٠ - ١٠ دائرة عملية يقوم فيها بوظيفة المفتاح صمام ثنائى مخمد يكبت الذبذبات الطفيلية بعد نصف دورة تماما .

لتأمل العمليات الفيزيائية التى تحدث فى هذه الدائرة منذ لحظة ابتداء فترة الارتداد . وفى هذه اللحظة  $t_1$  يصبح صمام مكبر القدرة  $V_1$  فى حالة القطع ، فيتوقف تزايد التيار المار فى ملفى الانحراف وتظهر الذبذبات الطفيلية

الثنائي  $V_2$  في حالة القطع ،  
فتحدث الذبذبات الطليقة في  
دائرة ملفي الانحراف بدون اي  
عائق .



وفي اللحظة  $t_2$  يتم تحول طاقة المجال المغنطيسي لملفي الانحراف الى طاقة المجال الكهربائي لسعتهما الشاردة ، فتصبح فلطية الملفين قصوى ويبقى الصمام الثنائي  $V_2$  في حالة القطع . وبعد ذلك يبدأ تفريغ السعة الشاردة عن طريق ملفي الانحراف ، وفي اللحظة  $t_3$  يتم تركيز الطاقة ثانية في المجال المغنطيسي للملفين

الشكل ١٠ - ١٠ . دائرة الاخمد بواسطة صمام ثنائي  
والاشكال الموجية للفلطيات والتيارات

وتهبط فلطيتها الى الصفر ، فيبدأ الصمام الثنائي  $V_2$  بالتوصيل ويحدث تفريغ لادوري : تتحول الطاقة المخزنة في ملفي الانحراف تدريجيا الى حرارة تشتت على انود الصمام المخمّد  $V_3$  ومقاومة الحمل  $R_d$  .

وفي اللحظة  $t_3$  تنتهي فترة الارتداد وتبدأ فترة المسح الفعال ، ويبقى الصمام الثنائي  $V_2$  في حالة التوصيل ويشارك في شحن المكثف  $C_d$  .  
وتزداد الفلطية على المكثف  $C_d$  تدريجيا وتدفع الصمام الثنائي  $V_2$  الى حالة القطع ، فلا يعد يفرع تيار ملفي الانحراف .

وفي اللحظة  $t_4$  يبدأ الصمام  $V_1$  بالتوصيل ويظهر تيار الانود  $i_a$  .  
وسرى في ملفي الانحراف في الفترة  $t_4 - t_5$  تياران متعاكسا الاتجاه : تيار

التفريغ اللادورى و تيار المسح الفعال . وعندما يصل تيار ملفى الانحراف الى قيمته القصوى ، تتكرر العملية .

وتختار مكونات الدائرة ، بحيث تتغير تيار ملفى الانحراف حسب قانون خطى .

وتعطى الدائرة ذات الثنائى المخمّد تيار انحراف اكبر اتساعا مرتين تقريبا ، مما تعطيه الدائرة بدون اخماد .

ويوصل الثنائى المخمّد

فى بعض الحالات الى ملف خاص لمحول الخرج .

( ٣ ) مرحلة الخرج

الافقى ذات التغذية الخلفية

للقدره : ان العمل الطبيعى

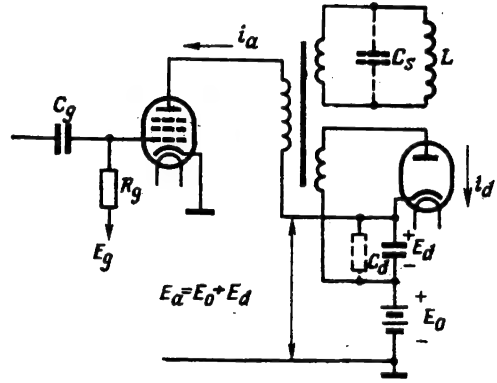
لصمام خرج المسح الافقى

يتطلب ان تكون فلتية منبع

الانود حوالى ٣٠٠ - ٦٠٠

فولط ، بينما يلزم للعمل

الطبيعى لأغلب المراحل



الشكل ١٠ - ١١ . دائرة مرحلة الخرج الافقى ذات التغذية الخلفية للقدره

الاخري لجهاز التلفزيون ما لا يزيد عن ٢٥٠ فولط .

ولذلك شاع فى الوقت الحاضر استخدام دائرة مرحلة الخرج ذات التغذية

الخلفية للقدره ( الشكل ١٠ - ١١ ) . وفى هذه الدائرة يستفاد من الطاقة

الكهربائية التى يخترنها المكثف  $C_d$  الموصل بدائرة المخمّد (وهو موصل فى

الشكل ١٠ - ١٠ كمكثف امرار على التوازي مع المقاومة  $R_d$  ) .

ويوصل المكثف  $C_d$  فى دائرة التغذية الخلفية للقدره ( الشكل ١٠ - ١١ )

على التوالى مع منبع الانود  $E_0$  ، بحيث تصبح فلتية انود صمام الخرج اكبر

من فلتية منبع التيار المستمر ، وتساوى  $E_0 + E_d$  . وتسمى الفلتية  $E_d$

الناتجة على المكثف  $C_d$  الفلتية المعززة .

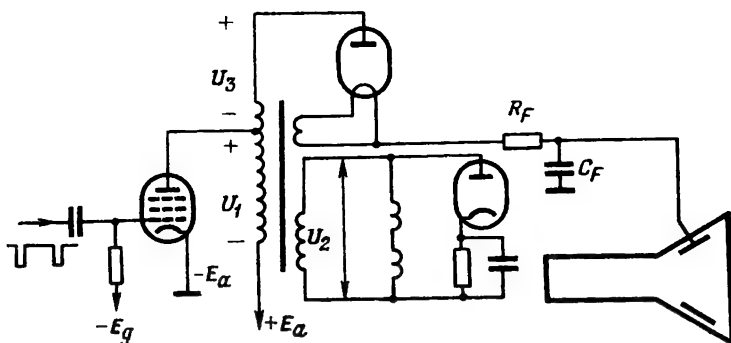
وعند استخدام التغذية الخلفية للقدرة يمكن الاكتفاء بمقوم ذى فلطية لا تزيد عن ٢٥٠ فولط .

٤) الثنائيات المخمدة : لكي يتم كبت الذبذبات الطفيلية كبتا فعالا ، ينبغي ان يتميز الثنائي المخمد بمقاومة داخلية صغيرة جدا ( عشرات الاومات فقط ) ، كما يجب ان يتحمل فلطية عكسية كبيرة لدرجة كافية . وتميز الثنائيات المخمدة ايضا بوجود عزل جيد بين الكاثود وفتيلا التسخين ، بحيث يمكن تغذية دائرة الفتيلة من ملف التسخين العام الموجود فى محول القدرة .

٥) الحصول على الفلطية العالية اللازمة لانبوب الصورة : يجب تغذية انود انبوب الصورة من مصدر على الفلطية ( ١٢ - ١٨ كيلوفولط ) . وطالما ان تيار انود انبوب الصورة صغير جدا ( اجزاء عشرية من الملى امبير ) ، فان مصدر الفلطية العالية يمكن ان يكون منخفض القدرة ( ١ - ٢ واط ) . وثمة طرازات ثلاثة لمقومات الفلطية العالية : مقوم التيار المتردد ٥٠ هرتز ومقوم الذبذبات عالية التردد ومقوم النبضات .

ومن عيوب مقومات التيار المتردد ٥٠ هرتز ان موجبات الفلطية المقومة منخفضة التردد ( ٥٠ - ١٠٠ هرتز ) ، فتلزم لترشيحها مكثفات عالية الفلطية وكبير السعة والحجم والوزن .

ويسهل ترشح الفلطية المقومة برفع تردد مصدر التيار الى ١٠٠ - ٣٠٠ كيلوهرتز . ويمكن توليد هذه الذبذبات بواسطة مذبذب صمامى جيبى . ويتم الحصول على الفلطية العالية فى اجهزة التلفزيون بواسطة مقومات النبضات . وتستخدم لذلك النبضات المتولدة فى ملفات الانحراف فى فترات الارتداد . ويتم رفع فلطية هذه النبضات بواسطة محول الخرج ، وتؤخذ من ملفه الابتدائى وملفه الاضافى (  $U_1 + U_3$  ) ثم تسلط على انود الصمام المقوم ، كما فى الشكل ١٠ - ١٢ . وطالما ان استهلاك التيار قليل جدا ، فمن الممكن ترشيح الفلطية العالية بمقاومة كبيرة  $R_F$  مقدارها ٠,٥ - ٢ ميجاوم ومكثف على الفلطية  $C_F$  سعته ٣٠٠ - ١٠٠٠ بيكوفاراد .



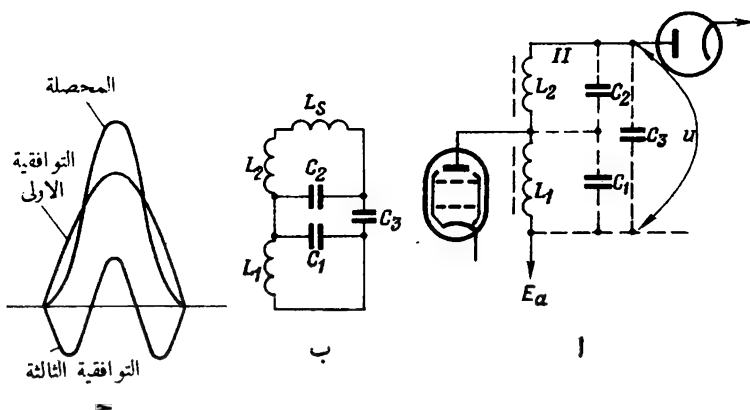
الشكل ١٠ - ١٢ . دائرة تقويم الفلظية العالية

وتستخدم لتقويم الفلظية العالية صمامات ثنائية خاصة تتحمل فلظية عكسية كبيرة وتتميز بسعة صغيرة بين الانود والكاثود ، كما تتميز بكاثود اقتصادى جدا ذى تسخين مباشر . ويتم تسخين الكاثود بواسطة ملف ( لفة - لفتين من سلك معزول ) من محول الخرج الافقى .

ويمكن الحصول على فلظية اعلى من ١٢ - ١٨ كيلوفولط باستخدام مقومات مضاعفة للفلظية .

وتستعمل فى دوائر خرج المسح الافقى فى الوقت الحاضر محولات ذاتية . وطالما ان محولات الخرج الافقى تقوم بتحويل نبضات عالية الفلظية ( ما يزيد عن ١٠ كيلوفولط ) ، لذلك يتم عزل ملفاتها عزلا جيدا ، وتعد فقط تفريغها بلون حافات حادة ( تفاديا لخروج الشحنات الكهربائية الى الهواء ) ، وتصنع مشكلاتها من مواد عازلة جيدة النوعية .

وتتميز محولات الخرج الافقى السوفيتية المخصصة لانايب الصورة ذات الزاوية ١١٠° ( طراز TBC - 110 ) بان دائرة الرنين المكونة من محاثه ملف الفلظية العالية  $L_3$  والمحاثه الشاردة  $L_2$  والسعات الموزعة  $C_1$  ،  $C_2$  ،  $C_3$  مولفه على التوافقية الثالثة للذبذبات الطليقة التى تحدث فى فترة الارتداد الافقى ( الشكل ١٠ - ١٣ ) . وتضاف التوافقية الثالثة الى التوافقية الاولى التى ولف عليها ملفا الانحراف ، بحيث يزداد اتساع الموجة المسلطة على انود الصمام المقوم ، ومن ثم يزداد الجهد العالى .



الشكل ١٠-١٣ . توليف محول الخرج الافقى على التوافقية الثالثة : أ - دائرة مبسطة لمرحلة الخرج ؛ ب - الدائرة المكافئة للمحول ؛ ج - الشكل الموجي للفطية المحصلة عند توليف المحول على التوافقية الثالثة

ويتم توليف المحول عند تصميمه باختيار المقاسات الاساسية للملفات وثنائية العوازل وموادها .

### البند ١٠-٧ مرحلة خرج مولد المسح الرأسى

(١) خصوصيات مولد المسح الرأسى : يتميز مولد المسح الرأسى اولا بالتردد المنخفض لتيار سن المنشار الذى يولده ( ٥٠ هرتز ) ، ويتميز ثانيا بطول وقت الارتداد ( حوالى ١ مى ثانية ) .

واذا كان من الكافى وجود ٢٠ توافقية من توافقيات التردد الرأسى حتى يكون الشكل الموجى لتيار سن المنشار سليما ، فان عرض نطاق مولد المسح الرأسى يبلغ ١٠٠٠ هرتز فقط ، اى اقل عدة مرات من عرض نطاق المكبر العادى للترددات السمعية ( المنخفضة ) . وطالما ان التيار المار فى ملفى الانحراف الرأسى يتناقص فى وقت الارتداد ببطء ، فلذلك لا تحدث استشارة صدمية لاي ذبذبات طليقة شديدة . وبينما تؤدى السعات الموزعة دورا هاما فى مولد المسح الافقى ، نجد انها لا تؤثر عمليا على عمل مولد المسح الرأسى .

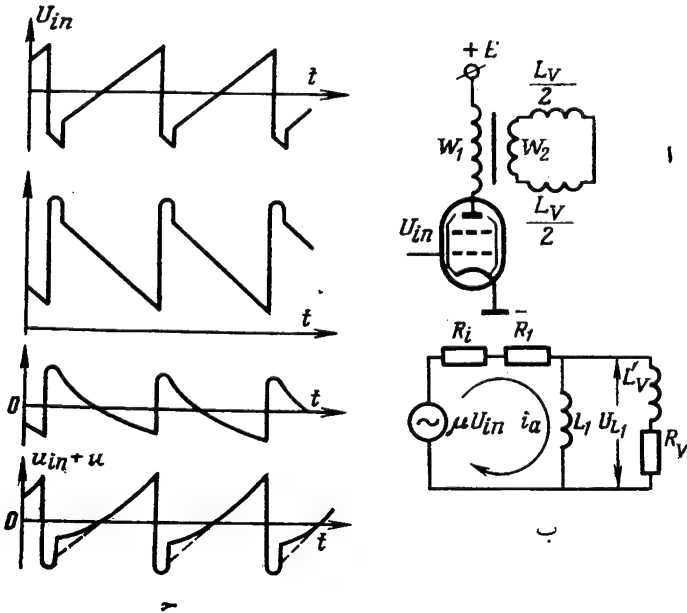
ومن خصائص ملفات الانحراف الرأسى انها قليلة اللفات ( ٣٠٠ - ٤٠٠ لفه ) كملفات الانحراف الافقى ، ويتم توصيلها بدائرة انود صمام الخرج عن طريق محول توفيق خافض للفلطية تتراوح نسبة لفاته بين ٣٠ : ١ : ٤٠ : ١ .

وطالما ان تردد المسح الرأسى منخفض نسبيا ، فان قدرة المولد الرأسى اقل كثيرا من قدرة المولد الافقى .

وتصنع قلوب محولات الخرج الرأسى من الحديد المستخدم فى المحولات العادية .

وتتميز مرحلة خرج المسح الرأسى بأن مبدأ عملها ابسط كثيرا من عمل مرحلة خرج المسح الافقى . وتعمل مرحلة الخرج الرأسى كمكبر عادى لتيار منخفض التردد .

( ٢ ) الشكل الموجى للفلطية الحافزة : يبين الشكل ١٠ - ١٤ رسما تخطيطيا مبسطا لدائرة مرحلة الخرج الرأسى والدائرة المكافئة لها . وتمثل



الشكل ١٠ - ١٤ . توضيح اختيار الشكل الموجى للفلطية الحافزة لمرحلة الخرج الرأسى :  
أ - دائرة مبسطة لمرحلة الخرج ؛ ب - الدائرة المكافئة ؛ ج - الاشكال الموجية للفلطيات



المحاثة  $L'_0$  والمقاومة  $R'_0$  البارامترين المناظرين لملف الانحراف الرأسى مرجعين (محولين) الى الملف الابتدائى لمحول الخرج . وطالما ان المحاثة الشاردة ومحاثة الملف الثانوى اقل كثيرا من محاثة ملفى الانحراف ، لذلك لم نيينهما بالدائرة المكافئة .

وكما اوضحنا سابقا ، لكى يكون التيار المار فى ملفى الانحراف على شكل سن المنشار ، ينبغى ان نسلط عليهما فلتية مكونة من موجة سن المنشار والموجة المستطيلة .

فما هو الشكل الموجى للتيار الذى ينبغى امراره بالملف الابتدائى حتى تكون فلتيته على ذلك الشكل ؟

ان فلتية المحاثة تتناسب مع مشتقة التيار بالنسبة الى الزمن ، اى تتناسب مع معدل تغير التيار :  $U_L = L \frac{di}{dt}$  .

وبين التحليل الرياضى انه لكى تتغير فلتية الملف الابتدائى للمحول تغيرا خطيا خلال فترة المسح الفعال ، ينبغى ان يتغير التيار المار فيه خلال تلك الفترة حسب قانون تربيعى ، اى على شكل قطع مكافئ . ولذلك ، يجب ان يتضمن الشكل الموجى لتيار انود صمام الخرج وفلتية شبكته مركبة القطع المكافئ .

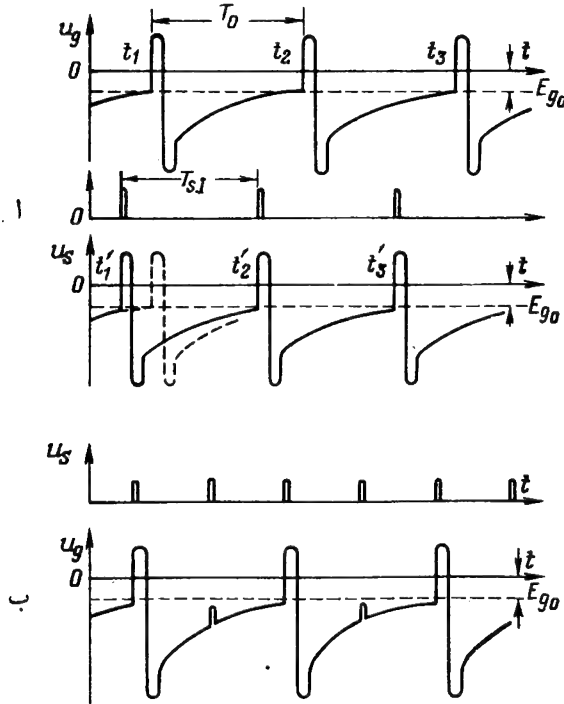
ويتم الحصول على هذه المركبة فى مرحلة الخرج الرأسى باستخدام تغذية خلفية عن طريق دائرة تفاضل . ويختار الثابت الزمنى لهذه الدائرة من مرتبة مدة دور المسح الرأسى لكى لا يتم التفاضل بدقة ، وانما جزئيا ، بحيث يتشوه الشكل الموجى لتيار الانود تشوها يؤدي الى اضافة مركبة القطع المكافئ له .

## البند ١٠ - ٨ المزامنة الدفعية لمولدات المسح

ان المقصود بمزامنة مولد المسح هو ربط تردده بتردد نبضات التزامن . ويمكن مزامنة المولد النبضى بتسليط نبضات التزامن على شبكة صمامه ، بحيث تقوم كل نبضة بدفع الصمام الى التوصيل ( او بالعكس ) قبيل ان يصبح فى حالة التوصيل بتأثير التذبذب الذاتى . ولذلك ينبغى ان يكون

تردد « الحركة الطليقة » للمولد اقل من تردد نبضات التزامن ، لأن كل نبضة لن تدفع الصمام الى حالة التوصيل اذا انت بعد ان يكون الصمام قد اصبغ فى حالة التوصيل بتأثير التذبذب الذاتى .

لنتأمل على سبيل المثال عملية مزمنة المذبذب المانع . وهى تتم عادة بتسليط نبضات موجبة على شبكة تحكم الصمام (الشكل ١٠ - ١٥) . وعند غياب النبضات المزمنة تتبدل حالة الصمام من القطع الى التوصيل فى



الشكل ١٠ - ١٥. الاشكال الموجية التى توضح عملية مزمنة المذبذب المانع بنبضات موجبة :  
أ - المزمنة بنبضات ذات تردد قريب من تردد المذبذب المانع الطليق؛ ب - المزمنة بنبضات ذات تردد مضاعف

اللحظات  $t_1$  ،  $t_2$  ،  $t_3$  ... التى تفصل بينها فترات متساوية تناظر مدة دور « الحركة الطليقة »  $T_0$  .

وعندما تضاف فلطية النبضة المزمنة  $u_s$  الى فلطية الشبكة الحاكمة  $u_g$  ، تصبح فلطية الشبكة  $u'_g$  اكبر من فلطية القطع  $E_{g0}$  ، ومن ثم تتبدل حالة

الصمام من القطع الى التوصيل قبل انتهاء دورة التذبذب الطليق ( في اللحظات  $t_1$  ،  $t_2$  ،  $t_3$  ... ) .

ولكى تكون المزامنة مستقرة ، ينبغي ان تكون النبضات المزامنة متساوية الاتساع ( الارتفاع ) ، كما ينبغي ان تكون حافاتها الامامية متساوية الميل . واذا تغير اتساع النبضات المزامنة وميل حافاتها ، فان الفترات الفاصلة بين اللحظات  $t_1$  ،  $t_2$  ،  $t_3$  ... ستكون غير متساوية ، لأن النبضات الاكثر حدة والاكثر شدة تدفع المذبذب المانع الى حالة التوصيل قبل النبضات الاقل حدة والاقل شدة .

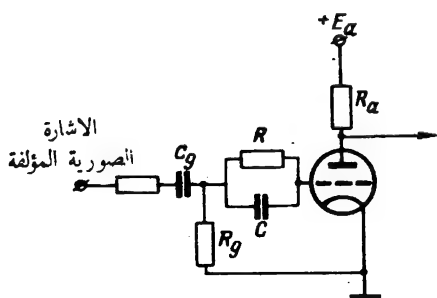
ويمكن ان تتم المزامنة كذلك بنبضات يزيد ترددها عدة مرات عن تردد المذبذب الطليق ( الشكل ١٠ - ١٥ - ب ) . وفي هذه الحالة لا تستخدم للمزامنة الا نبضة واحدة من كل  $n$  نبضة ( حيث  $n$  نسبة تردد النبضات المزامنة الى تردد المذبذب الطليق ) . ويعمل المذبذب عندئذ كمقسم للتردد كما اشرنا في الفصل الثامن .

وعيب المزامنة الدفعية ( النبضية ) انها لا تضمن حصانة جيدة ضد الضوضاء . فعندما تنفذ الضوضاء النبضية والعشوائية الى دائرة التزامن ، تتبدل حالة مذبذب المسح قبل الاوان ، فيختل التزامن وتشوه الصورة المتكونة على شاشة انبوب الصورة . ويتأثر مذبذب المسح الاقوى بالضوضاء النبضية اشد تأثر . ويمكن تحسين حصانة دوائر المزامنة الدفعية ضد الضوضاء بطريقتين :

١ - بتحسين حصانة فاصل التزامن ضد الضوضاء ؛

٢ - بزيادة ميل المنحنى الاسى لتفريغ المكثف الموجود في دائرة شبكة مذبذب المسح .

ويمكن تحسين حصانة فاصل التزامن ضد الضوضاء باستخدام دائرة RC كابطة للضوضاء توصل بدائرة الشبكة ، كما في الشكل ١٠ - ١٦ . فعندما تصل الى

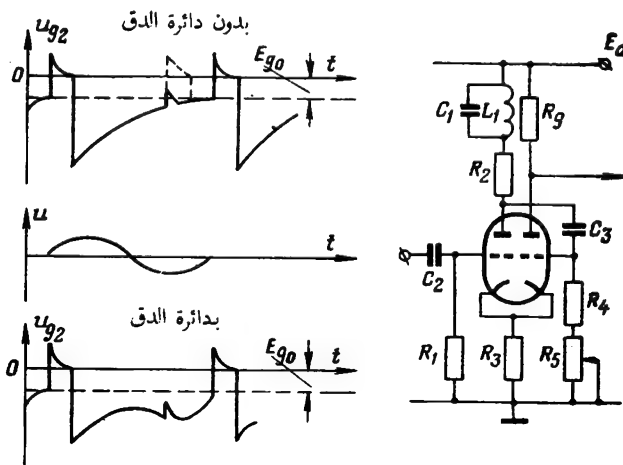


الشكل ١٠ - ١٦ . دائرة لفاصل التزامن ذات دائرة كابطة للضوضاء

شبكة الصمام الفاصل نبضة ضوئية كبيرة الاتساع ، يصبح جهد الشبكة موجبا ، ويظهر تيار الشبكة الذى يشحن بسرعة المكثف  $C$  ( ولا يجد الوقت الكافى لشحن المكثف  $C_e$  لأن  $C_e \gg C$  ). وتؤثر فلطية المكثف  $C$  على شبكة الصمام كفلطية انحياز سالبة ، فتتراح نقطة تشغيل الصمام الى اليسار ، مما يقلل من اتساع النبضة الضوئية فى دائرة الانود . وبعد ان ينتهى تأثير نبضة الضوءاء يتم تفريغ المكثف  $C$  عن طريق المقاومة  $R$  .

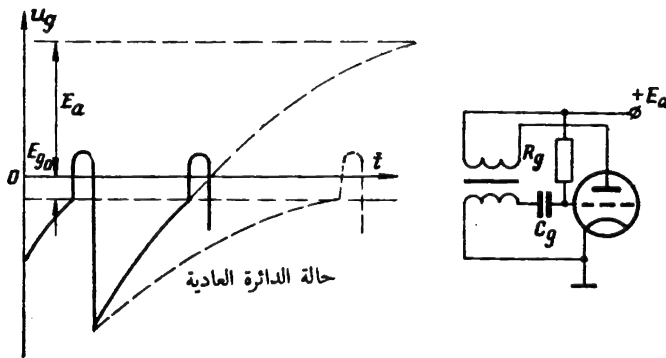
اما كيفية تحسين حسانة مذئذب المسح ضد الضوءاء ، فهى تتضح مما يلى :

ان جهد شبكة صمام المذئذب المانع او المذئذب المتعدد يتغير فى الفترات الفاصلة بين النبضات على منحنى اسى يتقاطع مع خط جهد القطع  $E_{g0}$  بزاوية صغيرة جدا ( راجع الشكلين ١٠ - ٣ و ١٠ - ٤ ) . ولذلك نجد ان النبضة الضوئية ، حتى اذا كانت صغيرة الاتساع ، يمكن ان تسبب تبديل حالة مذئذب المسح قبل الاوان ، ومن ثم تؤدى الى اختلال التزامن . ولكى يقل احتمال تبديل حالة المذئذب قبل الاوان بتأثير النبضة الضوئية ، يجب زيادة الزاوية التى يتقاطع بها منحنى تغير جهد الشبكة مع خط جهد القطع  $E_{g0}$  .



الشكل ١٠ - ١٧ . دائرة لمذئذب متعدد تضمن استقراره دائرة رنين ( دق ) ، والأشكال الموجية لفلطية الشبكة الحاكمة

ولذلك توصل دائرة رنين (دق) بدائرة انود المذبذب ، او توصل شبكة صمام المذبذب المانع او المذبذب المتعدد الى مصدر الجهد الموجب . وبين الشكل ١٠ - ١٧ دائرة مذبذب متعدد وصلت بدائرة أنود احد صماميه (قطاعيه) دائرة رنين مولفة على تردد المسح الافقى . وعندما يكون ذلك الصمام فى حالة التوصيل ، يجرى تخزين الطاقة فى محاثه دائرة الرنين . وفى لحظة اعاده التوليد (عند تبدل حالة الدائرة) يصبح الصمام فى حالة القطع ، فتحدث استثارة صدمية لدائرة الرنين بتأثير الطاقة المخترنة فى المجال المغنيسى للملف (تبدأ دائرة الرنين بـ «الدق» ) . وتضاف الفلطة المتردة الناتجة على دائرة الرنين الى فلطية شبكة الصمام (القطاع) الاخر ، فنحصل على منحنى يتقاطع مع الخط  $E_{g0}$  بميل اكبر من ميل الخط الاسى الذى يقارب الخط  $E_{g0}$  ببطء شديد .



الشكل ١٠ - ١٨. دائرة المذبذب المانع ذى الشبكة الموجبة ، والاشكال الموجبة لفلطية الشبكة

وبين الشكل ١٠ - ١٨ دائرة للمذبذب المانع ذى « الشبكة الموجبة » . وتميز هذه الدائرة بأن مقاومة تسريب الشبكة  $R_g$  موصلة فيها بين الشبكة والقطب الموجب لمنع الانود بدلا من ان توصل بين الشبكة والكاثود . ويتم تشكيل النبضات فى هذه الدائرة بعملية مشابهة لما فى الدائرة العادية (الشكل ١٠ - ٣) . ولكن ما يحدث فى الفترات الفاصلة بين النبضات هو اعادة شحن المكثف  $C_c$  بدلا من تفريغه ، ومن ثم يترادج جهد الشبكة نحو نهاية تساوى  $E_a$  بدلا من الصفر ، وبذلك يتقاطع خط تغير جهد الشبكة مع الخط  $E_{g0}$

بحدة اكثر . وينبغي ان نلاحظ ان اعادة شحن المكثف  $C_e$  لا تتم فى الواقع لأن جهد الشبكة لا يكاد يبلغ القيمة  $E_{g0}$  حتى تتوقف عملية تزايديه وتحدث اعادة التوليد .

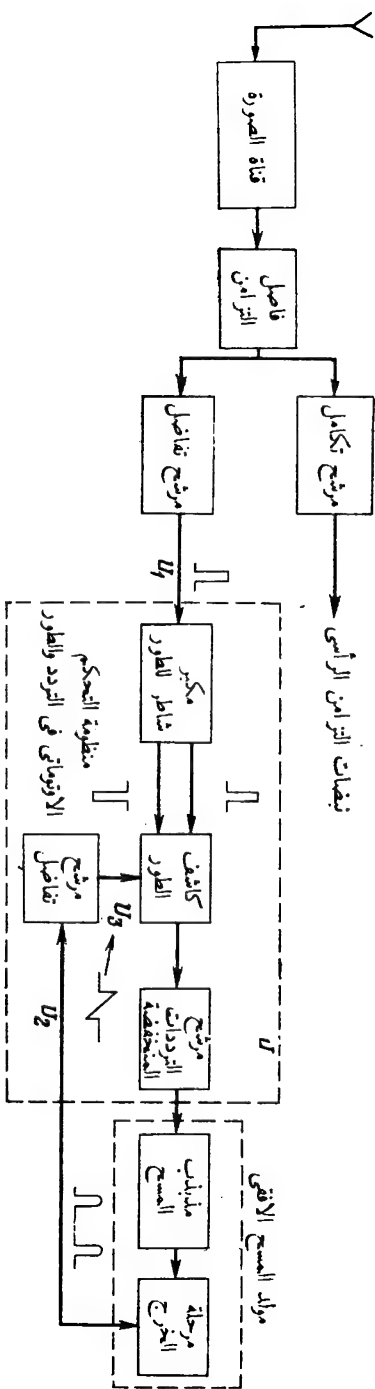
ويعمل المذبذب المتعدد ذو « الشبكتين الموجبتين » على نحو مشابه .

## البند ١٠ - ٩ مزامنة مولدات المسح الافقى بطريقة التحكم الاوتوماتى فى التردد

ان دوائر المزامنة الدفعية تنصف ، كما سبق ان اشرنا ، بحصانة ضعيفة ضد الضوضاء . ولذلك تستخدم فى اجهزة التلفزيون العصرية دوائر تتميز بقصورها الذاتى وتعمل بطريقة التحكم الاوتوماتى فى التردد ، كما موضح بالشكل ١٠ - ١٩ .

ويقوم كاشف الطور ( او المميز ) بمقارنة طور نبضات مولد المسح الافقى مع طور النبضات المزامنة الاتية من خرج فاصل التزامن . وعندما يوجد فرق بين الطورين ، يعطى كاشف الطور « اشارة الخطأ » التى تتحكم فى تردد وطور مذبذب المسح الافقى . ويستخدم مرشح امرار الترددات المنخفضة ( دائرة تكامل  $RC$  ) للتخلص من المركبات المترددة ( نبضات التزامن الضوضاء ) ، هو لا يمرر الا اشارة الخطأ المتغيرة ببطء . ويتربط على وجود ذلك المرشح ان تكتسب الدائرة القصور الذاتى اللازم الذى يجعل مقارنة تردد مولد المسح وتردد نبضات التزامن تجرى خلال فترة طويلة ، مما يقلل كثيرا من تأثير تشوه او فقد النبضات المفردة فى حالة اختلاطها مع الضوضاء .

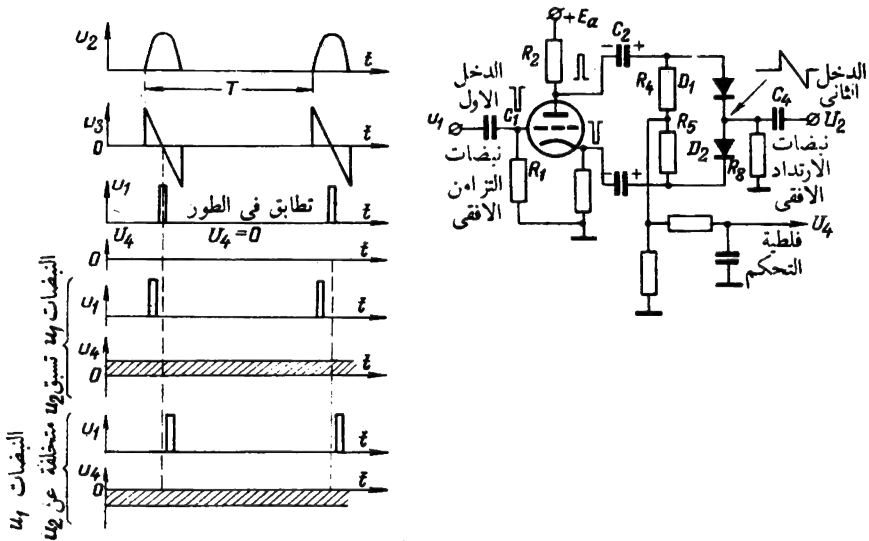
يؤدى تأثير الفلطية المستمرة التى يعطيها مرشح امرار الترددات المنخفضة على شبكة صمام مذبذب المسح ( المذبذب المانع او المذبذب المتعدد ) الى تغيير مدة دور تكرار نبضات المذبذب حتى تتطابق مع مدة دور تكرار نبضات التزامن . فمثلا تقل مدة دور تكرار نبضات المذبذب المانع اذا وصلت الى شبكته فلطية سالبة ، تزداد اذا وصلت فلطية موجبة .



الشكل ١٠ - ١٩ . رسم تخطيطى لوحدة التزامن فى جهاز الاستقبال التلفزيونى

لنتأمل على سبيل المثال دائرة التحكم الاوتوماتي في تردد وطور المذبذب الافقى المستخدمة فى جهاز تلفزيون سوفيتى من الصنف الثالث (YHT-35) (الشكل ١٠ - ٢٠) .

ان نبضات التزامن الخارجة من فاصل التزامن تسلط على الشبكة الحاكمة لمكبر شاطر (عاكس) للطور محمل الانود والكاثود . ويعطى شاطر الطور شكلين موجيين مختلفى القطبية يصلان عن طريق المكثفين  $C_3$  و  $C_8$  الى الثنائين  $D_1$  و  $D_2$  المستخدمين لكشف الطور .



الشكل ١٠ - ٢٠. دائرة نموذجية لكاشف الطور ( ذات مكبر شاطر للطور ودائرة تكامل مرشحة للترددات المنخفضة )

وعندما تأتى نبضات التزامن ، تدفع الثنائين  $D_1$  و  $D_2$  الى حالة التوصيل ، فيتم شحن المكثفين  $C_3$  و  $C_8$  عن طريقهما شحنا سريعا حتى فلتية تساوى اتساع النبضات القادمة من شاطر الطور . وفى الفترات الفاصلة بين نبضات التزامن يحدث تفريغ قليل جدا للمكثفين  $C_3$  و  $C_8$  ، ويجرى تفريغ  $C_2$  عن طريق  $R_4$  و  $R_8$  و  $R_2$  والم منبع  $E_a$  ، كما يجرى تفريغ  $C_8$  عن طريق  $R_5$  و  $R_8$  و  $R_3$  ، ويصبح الثنائيان  $D_1$  و  $D_2$  فى حالة القطع .



وعند مجيء كل نبضة تزامن يوصل الثنائيان  $D_1$  و  $D_2$  وتتم إعادة شحن المكثفين  $C_2$  و  $C_3$  .

وتسلط على الدخل الثاني لكاشف الطور عن طريق دائرة التفاضل  $C_4R_8$  نبضات على شكل جيبي ( $u_2$ ) تأتي من ملف خاص من محول الخرج الافقى . وتنتج عن تفاضل هذه النبضات نبضات ثنائية القطبية ( $u_3$ ) ذات جزء خطي ( $ab$ ) يناظر زمنيا فترة الارتداد الافقى . وهكذا يتم الحصول على فلطية مقارنة على شكل سن المنشار في نقطة اتصال الثنائيين  $D_1$  و  $D_2$  . واذا كان تردد وطور نبضات المذبذب الافقى ( $u_2$ ) مطابقين لتردد وطور نبضات التزامن ( $u_1$ ) ، فان كاشف الطور يكون في حالة التوازن وتكون فلطية خرجة ( $u_4$ ) مساوية الصفر . وعند وجود فرق في الطور يختل توازن كاشف الطور ، بحيث تكون فلطية خرجة موجبة اذا كانت نبضات التزامن متقدمة ، وسالبة اذا كانت نبضات التزامن متخلفة . وتناسب فلطية خرج كاشف الطور مع فرق الطور ، فتزداد (بالقيمة المطلقة) كلما ازداد فرق الطور .

وتمتاز طريقة التحكم في تردد وطور مولد المسح بانها تلغى تأثير نبضات الضوضاء التي لا تتكرر بتردد معين .

## البند ١٠ - ١٠ التشوهات الهندسية للهيكال الخطي

(١) تصنيف التشوهات : تصنف تشوهات الشكل الهندسي للصورة التلفزيونية حسب منشأها الى خمس فئات :

أ - التشوهات الناتجة عن تأثير مجالات تهدب (حافات) ملفات الانحراف ؛

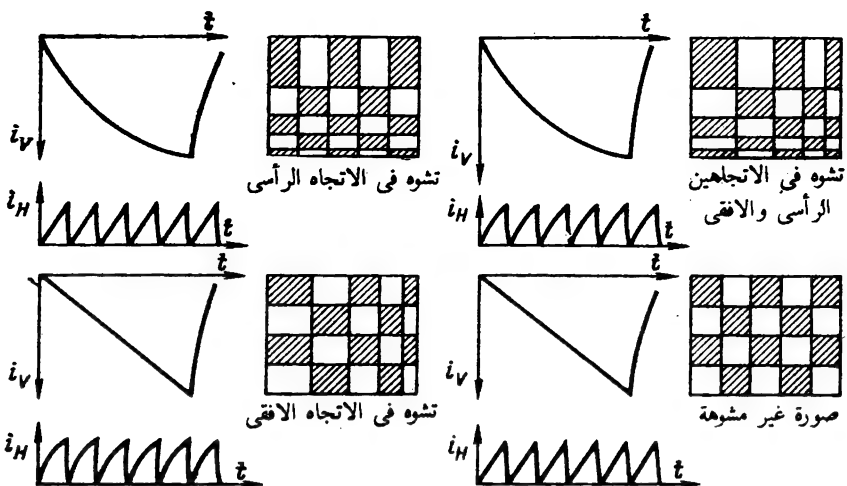
- ب - التشوهات الناجمة عن الشكل الهندسي لغلاف الانبوب ؛
- ج - التشوهات الناتجة عن لاخطية المسح ؛
- د - التشوهات الناجمة عن مويجات فلطية منبع تغذية مولدات المسح ؛
- هـ - التشوهات التي تسببها المجالات المغنطيسية الشاردة .

وتحدد الفتتان الاوليتان من التشوهات بتصميم الانبوب وملفات الانحراف ، بينما تتوقف الفتات الثلاث الاخيرة على سلامة اختيار حالة تشغيل الجهاز التلفزيوني و تصميم وحداته ووضعها المتبادل .  
ولا تنشأ التشوهات المذكورة فى انبوب الصورة فحسب ، وانما فى انبوب التصوير ايضا .

( ٢ ) التشوهات الناجمة عن لاختطية المسح : يمكن ان تختل خطية التيار المار فى ملفات الانحراف نتيجة لعدم خطية الفلطية الحافزة ( اذ ان شحن مكثف دائرة التشكيل يجرى حسب قانون اسى ) او نتيجة للخطأ فى اختيار نقطة تشغيل صمام مكبر القدرة على المنحنى المميز له .  
ويؤدى اختلال خطية المسح الى عدم انتظام سرعة تحرك النقطة الماسحة على شاشة انبوب الصورة ، مما يسبب تشوه الصورة ، اذ انها تتمدد حيث يسرع الشعاع الماسح ، وتنكمش حيث يبطىء .

ويمكن ملاحظة عدم خطية المسح الرأسى بتأمل الهيكل الخطى المتكون على الشاشة عند غياب الصورة ، فحيث يتحرك الشعاع الى الاسفل بسرعة اكبر تقل كثافة الخطوط ، وحيث تكون سرعة نزوله اقل تزداد كثافة الخطوط . ولا يمكن ملاحظة عدم خطية المسح الافقى على الشاشة الا اذا كان اختلاف سرعة الشعاع كبيرا جدا . وعندئذ يكون النصوص اكبر حيث الشعاع اسرع ، ويكون النصوص اقل حيث الشعاع ابطأ . ويبين الشكل ١٠ - ٢١ صورا للوحة شطرنج فى حالات مختلفة من التشوهات الهندسية للاختطية .

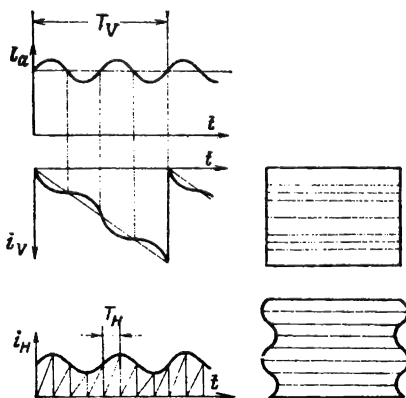
( ٣ ) التشوهات الناتجة عن موجبات منبع القدرة : ان عدم كفاية ترشيح فلطية منبع القدرة تؤدى ايضا الى تشوهات هندسية للهيكل الخطى . ويبين الشكل ١٠ - ٢٢ تأثير موجبات فلطية المنبع فى حالة استخدام مقوم الموجة الكاملة ( وتردد الموجات فى هذه الحالة يساوى ١٠٠ هرتز ) . وبما ان تردد الموجبات قريب من تردد المسح الرأسى ، فان عدم كفاية ترشيح فلطية منبع انود مولد المسح الرأسى يؤدى الى اختلال خطية التيار المار فى ملفى الانحراف الرأسى ، مما يسبب تشوها رأسيا للصورة .



الشكل ١٠ - ٢١. تشوهات صورة لوحة الشطرنج نتيجة للاخطية المسح

وطالما ان تردد موجبات المنبع اقل كثيرا من تردد المسح الافقى ، فانها بتأثيرها على مولد المسح الافقى تعدل تيار الانحراف الافقى تعديل اتساع ، مما يؤدي الى تشوه الصورة افقيا ، بحيث يتموج جانبها على شكل منحنى جيبي .

ومن تشوهات الصورة الناجمة عن موجبات منبع القدرة الاشرطة الافقية المظلمة التي تظهر عند تأثير الموجبات على المكبر الصوري ( كتعديل طفيلي لنصوع الصورة ) .



الشكل ١٠ - ٢٢. تشوهات الهيكل الخطي في حالة وجود التموجات في دوائر تغذية مولد المسح الرأسى والافقى

ويتم التخلص من التشوهات المذكورة بالترشيح الجيد للفلطية المقومة .

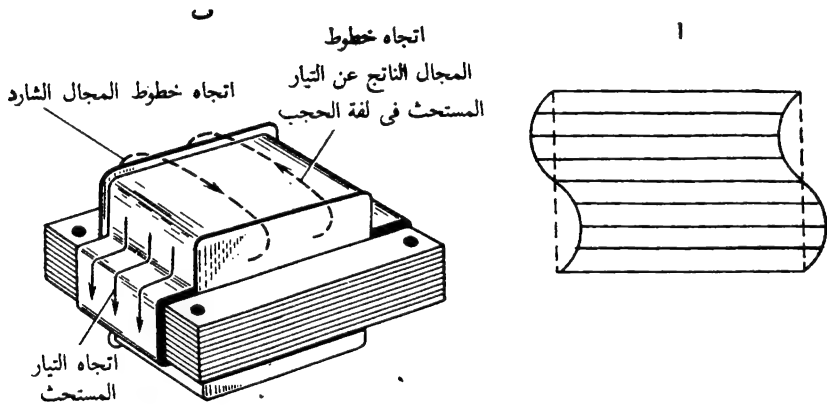
ويمكن تحسين فعالية المرشح بتوصيل مكثف على التوازي مع الملف الخائق لتوليفه على تردد الموجبات كمصيدة ( مرشح نابذ ) .

وتسمح هذه الطريقة بالاكتفاء بقيم اقل لسعات المرشح ومحاثاته .

( ٤ ) التشوهات الناجمة عن المجالات المغنطيسية الشاردة : ان المجال المغنطيسي الشارد من محول القدرة وملف المرحل يمكن ان يؤدي ايضا الى تشوهات هندسية للهيكل الخطى .

ومن اكثر عناصر جهاز الاستقبال التلفزيوني تأثرا بالمجال المغنطيسي المتردد الشعاع الالكتروني الماسح فى انبوب الصورة ، وملفات الانحراف ، وشتى المكونات المحتوية على لفات ( المحولات والملفات الخائقة وما الى ذلك ) .

ومما تسببه مركبة المجال المغنطيسي المتجهة رأسيا انزياح دورى لخطوط المسح فى الاتجاه الافقى ( بتردد منبع القدرة ) ، فيتموج جانبها الهيكل الخطى ، وتشوه الصورة افقيا ( الشكل ١٠ - ٢٣ - أ ) .



الشكل ١٠ - ٢٣ . تأثير المجال المغنطيسي الشارد على شكل الهيكل الخطى ( أ ) وطريقة حجب المحول بلفة واحدة ( ب )

واذا كانت المجالات المغنطيسية الشاردة كبيرة الشدة ، تشوه الصورة اغرب تشوه .

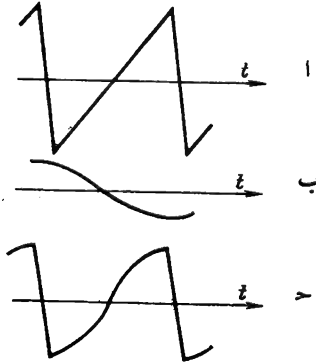
ويتم التخلص من تأثير المجالات المغنطيسية الشاردة او يتم اضعافها الى اقل حد ممكن بتركيب محول القدرة والملف الخائق المستخدم فى مرشح المقم بعيدا عن انبوب الصورة ، بحيث يتجهان انسب اتجاه . وينبغى لذلك ايضا حجب محول القدرة .

ويتم حجب محول القدرة بشريط من الالومنيوم ، ثخافته ٣ - ٥ مم ، وعرضه يساوى طول ملف المحول . ويلف هذا الشريط لفة واحدة حول المحول وتوصل نهايته ليستثار فيه تيار يتجه مجاله اتجاها معاكسا للمجال الشارد ويساويه تقريبا من حيث الشدة ( طالما يمكن اهمال المفقودات باعتبار ان مقاومة لفة الالومنيوم ضئيلة جدا ) ، وبذلك يتم الحجب .

## البند ١٠ - ١١ مولدات المسح لانايب الصورة الكبيرة الزاوية

ان زيادة زاوية الانحراف من  $70^\circ$  الى  $110^\circ$  تؤدي الى زيادة القدرة المستهلكة في مرحلة خرج كل من مولدى المسح الافقى والرأسى مرتين تقريبا ، كما تؤدي الى تشوهات هندسية للهيكل الخطى وخاصة على شكل مخدة الدبابيس ( راجع البند ٤ - ٧ ) .

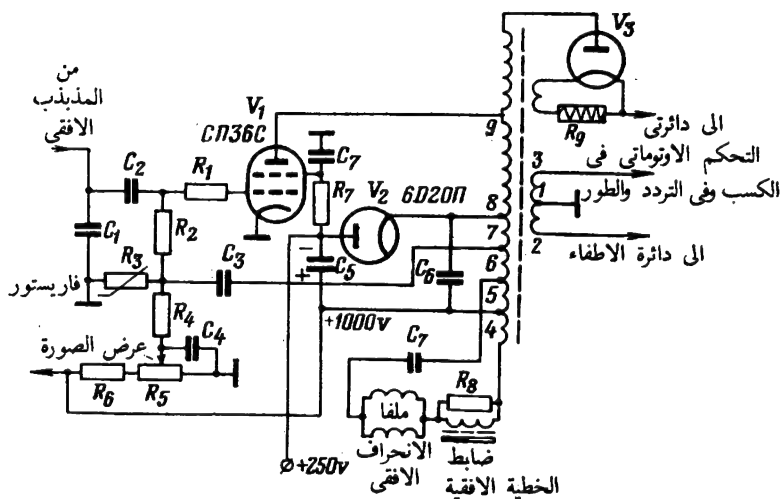
ويمكن تصحيح تشوه « مخدة الدبابيس » باستخدام مجالات تهدب ( حافات ) ملفات الانحراف ، اذ انها تؤدي الى تشوه « البرميل » . واذا غيرنا قانون توزع لفات ملفات الانحراف ، فاننا بذلك نسبب تشوها مقصودا للهيكل الخطى على شكل « البرميل » ، وبهذا يمكن تصحيح تشوه « مخدة الدبابيس » . ولكن عدم انتظام مجال الانحراف ينبغي الا يتعدى حدا معين حتى لا يختل تركيز الشعاع الماسح .



ولذلك يتطلب تصحيح تشوه « مخدة الدبابيس » ان يستخدم ايضا تيار انحراف على شكل الحرف S ( الشكل ١٠ - ٢٤ ) . ويمكن الحصول على هذا التيار بواسطة دائرة رنين تتكون من ملفى انحراف ومكثف يوصل معهما على التوالى . وتستثار فى هذه للدائرة ذبذبات جيبية تضاف الى تيار سن المنشار فيصبح على شكل الحرف S .

الشكل ١٠ - ٢٤ . تكوين تيار الانحراف على شكل الحرف S

(١) مرحلة خرج المسح الافقى : يبين الشكل ١٠ - ٢٥ دائرة مرحلة الخرج الافقى لجهاز التلفزيون 47/49 - VHT (قطر الشاشة ٤٧ او ٥٩ سم) . ان نسبة شكل انبوب الصورة المستخدم فى هذا الجهاز هى  $\frac{٥}{٤}$  . ويتميز مولد المسح الافقى فى هذه الحالة بان فترة الارتداد تساوى ١٤ ميكروثانية (بدلا من ٩ ميكروثانية فى حالة نسبة الشكل  $\frac{٤}{٣}$  ) .



ويستخدم المكثف  $C_1$  لتشكيل فلتية سن المنشار . والمكثف  $C_2$  هو مكثف قارن يمنع مرور التيار المستمر . والمقاومة  $R_1$  مضادة للاستثارة الذاتية . ويتم الحصول على الانحياز السالب لشبكة صمام الخرج باستخدام نبضات الارتداد الافقى المأخوذة من نقطة تفريع محول الخرج 7 عن طريق المكثف  $C_3$  . والمقاومة  $R_3$  هي فارستور (مقاومة تعتمد على الفلتية ) ، اى هى مقاومة غير خطية تتناسب عكسيا مع الفلتية المسلطة عليها ، فعندما تؤثر عليها نبضة الارتداد الموجبة تقل قيمتها بشدة ويتم شحن المكثف  $C_3$  . ويحافظ هذا المكثف على شحنته خلال الفترات الفاصلة بين نبضات الارتداد (فترات

(المسح الفعال) لان قيمة الفاريسطور في هذه الفترات تزداد كثيرا . ونتيجة لذلك يؤثر المكثف  $C_3$  على شبكة صمام الخرج باستمرار بانحياز سالب . وتستخدم المقاومة المتغيرة  $R_5$  لضبط فلتية الانحياز في المصنع ، او لضبطها عند استبدال الفاريسطور اذا ما تطلب ذلك اصلاح الجهاز . وتؤلف المقاومة  $R_5$  مع المقاومة  $R_6$  مقسما للفلطية يوصل بدائرة « المكثف المعزز »  $C_5$  . وتؤخذ من الذراع المحرك لمجزئ الجهد  $R_5$  فلتية موجبة تعوض جزئيا الفلتية السالبة المأخوذة من المكثف  $C_3$  .

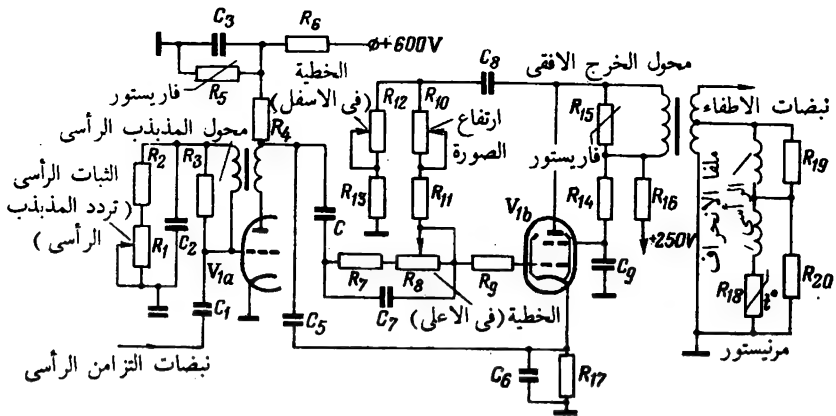
وتعمل الدائرة المكونة من المكثف  $C_3$  والفاريسطور  $R_3$  كضابط اوتوماتي لعرض الصورة .

فعندما يقل اتساع نبضات الارتداد ، تقل ايضا الفلتية السالبة التي يسلمها المكثف  $C_3$  على شبكة صمام الخرج ، وعندما يزداد اتساع نبضات الارتداد ، تزداد الفلتية السالبة المسلمة على شبكة الصمام ، وبذلك يظل عرض الصورة ثابتا .

ويوصل ملفا الانحراف على التوازي ، ويوصل المكثف  $C_7$  بهما على التوالي للحصول على تيار انحراف على شكل الحرف S . ويوصل بالملفين على التوالي ايضا ملف ذو قلب من الفريت موضوع بقرب مغنطيس دائم ، بحيث يكون قلب الملف في حالة تشبع مغنطيسي عند انعدام وجود تيار الانحراف . وتغير انفاذية قلب الملف عند مرور تيار الانحراف في الملف تبعا لشدة التيار . ويمكن جعل تغير انفاذية قلب الملف يعوض لاختية تيار الانحراف بضبط مكان القلب ، وبهذا يتم ضبط خطية المسح الافقي .

ويستخدم المكثف  $C_8$  لتوليف محول الخرج (من اجل ضبط اتساع نبضات الارتداد) .

(٢) دائرة المسح الرأسى : يبين الشكل ١٠ - ٢٦ دائرة المسح الرأسى المستخدمة في جهاز التلفزيون VHT-47/49 ، وهي تعمل بصمام ثلاثى خماسى طراز 6Ф5П . وتتميز الدائرة بأنها تضمن استقرار المقاس الرأسى (ارتفاع الصورة) .



الشكل ١٠ - ٢٦ . دائرة مرحلة الخرج الرأسي في جهاز التلفزيون YHT - 47/49

ويعمل المذبذب المانع بالقطاع الثلاثي من الصمام  $6\Phi 5\Pi$  ، ويتحدد تردده بقيم مكونات الدائرة  $R_1 R_2 C_2$  .

ويتم تشكيل فلطية سن المنشار بواسطة شحن المكثف  $C_3$  من خلال المقاومة  $R_4$  . وتتغذى دائرة الشحن لتحسين الخلية بفلطية مرتفعة ( + 600V ) مأخوذة من « الفلطية المعززة » . ويضمن الفاريسطور  $R_5$  استقرار الفلطية التي تغذى دائرة الشحن ، اذ انه يؤلف مع المقاومة  $R_8$  مقسم فلطية غير خطي ، تقل نسبة تقسيمه عند زيادة الفلطية وتزداد عند نقصانها .

وتسلط فلطية سن المنشار عن طريق المكثف القارن  $C_4$  ودائرة التحكم في الخلية  $C_7 R_8 R_7$  على شبكة صمام الخرج ( القطاع الخماسي للصمام  $6\Phi 5\Pi$  ) . وتستخدم المقاومة  $R_9$  لمنع الاستثارة الذاتية .

ويتم تشكيل مركبة القطع المكافئ بواسطة دائرة التغذية الخلفية السالبة  $C_8 R_{10} R_{11} R_{12} R_{18} R_9$  .

وقد وصل اللوح السفلي للمكثف  $C_5$  بكاثود صمام الخرج لاحداث تغذية خلفية سالبة تحسن استقرار الدائرة .

ويستخدم الفاريسطور  $R_{15}$  لحماية الملف الانودى لمحول الخرج الرأسي من الانهيار في فترات الارتداد الرأسي .



ويوصل الثرمستور  $R_{18}$  ( وهو عبارة عن مقاومة ذات معامل حرارى سالب كبير ) على التوالى مع ملفى الانحراف الرأسى ، ويركب فى منظومة الانحراف بين الملفين وحلقة الفريت .

ويستخدم الثرمستور لتعويض ازدياد مقاومة ملفى الانحراف عند ارتفاع درجة حرارتهما نتيجة لمرور التيار فيهما .

وتوصل المقاومتان  $R_{18}$  و  $R_{20}$  بملفى الانحراف على التوازي من اجل كبت الذبذبات الطفيلية التى تنشأ فى فترات الارتداد الرأسى

### البند ١٠ - ١٢ دوائر المسح الترانزستورية

- ١ ) خصوصيات مولدات المسح الترانزستورية : ان من الضرورى عند تصميم دوائر المسح الترانزستورية ووصف مبدأ تشغيلها مراعاة خصوصيات الترانزستورات التى سبق ان ذكرناها جزئيا فى الفصل التاسع ، وهى :
  - ١ - تلزم قدرة كبيرة للتحكم فى الترانزستور ؛
  - ٢ - ان الترانزستور اشبه بالمفتاح المثالى من الصمام ( اذ ان مقاومة الترانزستور فى حالة التوصيل لا تتعدى اجزاء من الاوم ، بينما تبلغ مقاومة صمام الخرج مئات الاومات ) ؛
  - ٣ - ان الفلظية المتاحة للترانزستور اقل كثيرا مما للصمام ؛
  - ٤ - ان فلظية قطع تيار مجمع الترانزستور قريبة من الصفر ؛
  - ٥ - ان نبضة تيار المجمع يمكن ان تبلغ عدة امبيرات ؛
  - ٦ - يتميز الترانزستور بقصور ذاتى ( تخلف ) يظهر عند تشغيله كمفتاح ، وهو يفسر بالسرعة المحدودة لانتشار حوامل الشحنات فى وسط شبه موصل .

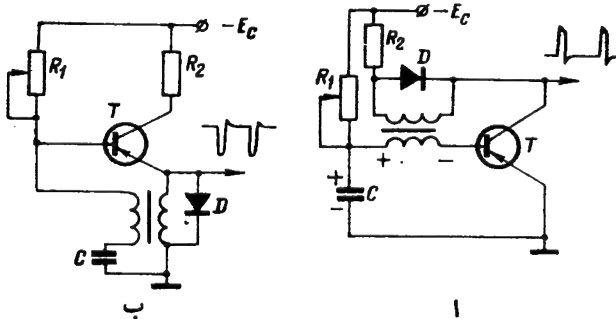
ورغم الخصوصيات المذكورة ، تعمل دوائر المسح الترانزستورية بنفس مبدأ الدوائر الصمامية .

ومما يتميز به مولد المسح الترانزستورى عن الصمامى انه يحتاج الى مرحلة او مرحلتين لتكبير الفلظية الحافزة لمرحلة الخرج . ويفسر ذلك بأن قدرة مذذب

الترانزستور المستخدم عمليا لا تكفى لحفز مرحلة الخرج ، طالما انه من غير المبرر اقتصاديا استخدام مذبذب كبير القدرة .

وتبرز اكبر الصعوبات عند تصميم مراحل الخرج الافقى الترانزستورية من اجل انابيب الصورة ذات الشاشات الكبيرة ، اذ ان الترانزستورات اللازمة لذلك ينبغي ان تتيح قدرة كبيرة ، وفلطية كبيرة ، وسرعة عالية للقطع والتوصيل . ولما كانت مثل تلك الترانزستورات تكلف كثيرا ، لذلك انتجت كحل وسط أجهزة تلفزيون ترانزستورية - صمامية ، تعمل اساسا بالترانزستورات (حوالى ٢١ ترانزستور فى الجهاز ذى الشاشة ٤٧ سم) وجزئيا بالصمامات (حوالى ثمانية ، اربعة منها فى دائرة المسح الافقى) . ويشتمل جهاز التلفزيون النقالى السوفييتى « يونست » ذو الشاشة ٢٣ سم على ثلاث صمامات ثنائية فقط تستخدم لتقويم الفلطية العالية .

٢) مذبذب المسح : سستعمل فى دوائر المسح الترانزستورية اساسا المذبذب المانع الذى يمتاز عن المذبذب المتعدد بأنه يحتاج الى ترانزستور واحد فقط ويتمتع بثبات افضل عند تغير درجة الحرارة او استبدال الترانزستور.



الشكل ١٠ - ٢٧ . دائرة للمذبذب المانع تعمل بترانزستور من طراز  $p-n-p$  :  
أ - ذات تقارن بين المجمع والقاعدة ؛ ب - ذات تقارن بين الباعث والقاعدة

وبين الشكل ١٠ - ٢٧ دائرتين للمذبذب المانع ، احدهما ذات تقارن بين المجمع والقاعدة والاخرى ذات تقارن بين الباعث والقاعدة .  
لنتأمل العمليات التى تجرى فى الدائرة ذات التقارن بين المجمع والقاعدة ، وهى تشبه الدائرة الصمامية ذات « الشبكة الموجبة » (راجع الشكل ١٠ - ١٨).

ان دفعة التيار التي تمر في دائرة المجمع عند توصيل فلطية المنبع  $E_e$  تستحث في الملف الثانوى للمحول قوة دافعة كهربائية تؤثر على القاعدة كفلطية سالبة ، فينخفض تيار القاعدة ويزداد تيار المجمع اكثر فأكثر . ويقوم تيار القاعدة بشحن المكثف  $C$  ، فيظهر بين لوحى المكثف فرق جهد يؤدي الى جعل الترانزستور في حالة القطع . وبعد ذلك يبدأ شحن المكثف  $C$  فى الاتجاه المعاكس عن طريق المقاومة  $R_1$  والمنبع  $E_e$  .

ولا يكاد جهد المجمع يهبط الى الصفر حتى يصبح الترانزستور في حالة التوصيل ، لتبدأ من جديد عملية اعادة التوليد . وتتحدد مدة دور التذبذب بالثابت الزمنى للدائرة  $CR_1$  ، بينما يتحدد امد نبضات الخرج بالثابت الزمنى لدائرة شحن المكثف  $C$  عندما يكون الترانزستور فى حالة التوصيل ، اى يتحدد بالسعة  $C$  ومقاومة الوصلة « القاعدة — الباعث » .

وتستخدم المقاومة  $R_3$  للحد من شدة تيار المجمع ، بينما يستخدم الثنائى  $D$  الموصل على التوازي مع ملف المحول لحماية الترانزستور من الانهيار عند تأثير اندفاعات الفلطية فى فترات الارتداد .

ويمكن تحسين استقرار المذبذب المانع بواسطة دائرة « دق » ( دائرة استقرار ) توصل بدائرة الباعث .

وتسلط نبضات المزامنة عادة على دائرة القاعدة . ويعمل المذبذب المانع احيانا بمحول ذى ثلاث ملفات ، يستخدم احدها لتسليط نبضات المزامنة . وتتم مزامنة دوائر المسح الترانزستورية عادة بواسطة التحكم الاوتوماتى فى التردد والطور .

### البند ١٠ - ١٣ دائرة المسح الرأسى الترانزستورية

لنتأمل على سبيل المثال دائرة المسح الرأسى لجهاز تلفزيون سوفيتى من الصنف الثانى ذى انبوب صورة كبيرة الزاوية قطر شاشته ٤٧ سم ( الشكل ١٠ - ٢٨ ) .

يستخدم فى هذه الدائرة مذبذب مانع ذو تقارن بين المجمع والقاعدة و يعمل المذبذب بمحول ذى ثلاث ملفات يستخدم احدها لتسليط نبضات

التزامن الرأسى . ويتحدد تردد المسح الرأسى بقيم الدائرة  $C_1 R_4 R_5$  . وتتم الحماية من اندفاعات الفلطية بواسطة الثنائى  $D_1$  .  
وتستخدم الدائرة المكونة من المقاومات  $R_2$  و  $R_3$  و  $R_4$  والمكثف  $C_3$  لتشكيل موجة سن المنشاور ذات المركبة النبضية . والمكثف  $C_3$  هو مكثف قارن (مانع للتيار المستمر) . ويسلط على باعثة الترانزستور جهد مرتفع يساوى  $+100$  فولط من مقوم خاص ، لتحسين خطية موجة سن المنشار . وطالما ان جهد الموصل الارضى هو  $+15$  فولط ، فان فلطية منبع مجمع المذبذب المانع يساوى  $100 - 15 = 85$  فولط .

الشكل ١٠ - ٢٨ . دائرة المسح الرأسى فى جهاز تلفزيون يعمل بالصمامات والترانزستورات

وتصل الفلطة الحافزة من باعث الترانزستور  $T_2$  الى قاعدة ترانزستور الخرج  $T_4$  عن طريق دائرة التقارن  $R_{18} R_{19} R_{20}$ . وتحدد حالة تشغيل ترانزستور الخرج  $T_4$  بواسطة جهد الانحياز المأخوذ من منبع مستقل عن طريق مقسم الفلطة  $R_{20} R_{18} R_{19}$ . ويتم ضبط جهد الانحياز عند استبدال الترانزستور بواسطة مقاومة متغيرة سلكمة  $R_{20}$ . وتستخدم الدائرة  $R_{19} C_7$  لترشيح موجبات منبع فلطة الانحياز.

ويوصل ملفا الانحراف بدائرة مجمع ترانزستور الخرج عن طريق محول تفيق. ويتم كبت الذبذبات الطفيلية الناشئة في فترات الارتداد الرأسي بواسطة الدائرة  $R_{23} C_{10}$ .

وتستخدم الدائرة المكونة من الثنائي  $D_2$  والدائرة  $C_8 R_{21}$  للحد من اتساع نبضات الارتداد.

ومما يحسن استقرار دائرة المسح الرأسي (مراحل التكبير الثلاث) التغذية الخلفية السالبة التي توصل فلطيتها من ملف خاص لمحول الخرج الى باعث ترانزستور مرحلة التكبير الاولى.

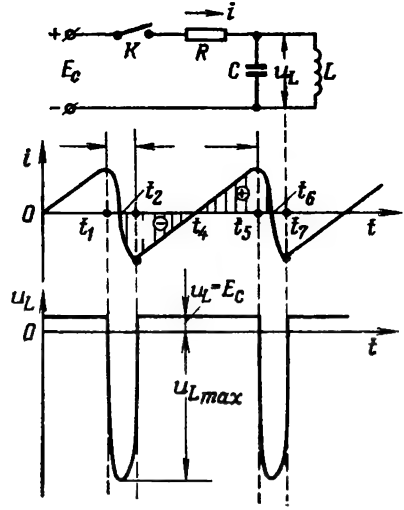
ويضمن الترميستور  $R_{24}$  ثبات قيمة مقاومة دائرة التغذية الخلفية السالبة عند تغير مقاومة ملفي الانحراف الرأسي نتيجة لتسخينهما بالتيار المار فيهما.

## البند ١٠ - ١٤ مرحلة الخرج الافقي الترانزستورية

(١) الدائرة المثالية : يوضح الشكل ١٠ - ٢٩ مبدأ عمل اكثر مولدات المسح الترانزستورية شيوعا. ويتميز المفتاح  $S$  بأنه ذو موصلية ثنائية الاتجاه. وتولف دائرة الرنين المكونة من محاثة ملفي الانحراف وسعتيها الموزعة، بحيث يكون نصف دور تذبذبها مساويا لفترة الارتداد (الفترة التي يكون المفتاح  $S$  خلالها في حالة القطع).

وعندما يكون المفتاح  $S$  في حالة التوصيل، يتم شحن السعة الموزعة  $C$  بفلطة المنبع  $E_e$  شحنا سريعا، ويتزايد التيار المار في ملفي الانحراف  $L$  تزايدا اسيا. واذا كان الثابت الزمني للملفين اكبر كثيرا من فترة المسح الفعال

( الفترة التي يكون المفتاح  $S$  خلالها في حالة التوصيل ) ، فان تزايد التيار اثناء تلك الفترة ( في بداية المنحنى الأسى ) يمكن ان يعتبر تزايدا خطيا ، بحيث تكون القوة الدافعة الكهربائية المتولدة بالحث الذاتي ثابتة القيمة . ويقوم ملفا الانحراف خلال فترة المسح الفعال بتخزين الطاقة في مجالهما المغنطيسى .



الشكل ١٠ - ٢٩ . الدائرة المثالية لمرحلة الخرج الافقى التي تعمل بمفتاح ذى موصلية ثنائية الاتجاه ، والاشكال الموجية للتيار والفولطية

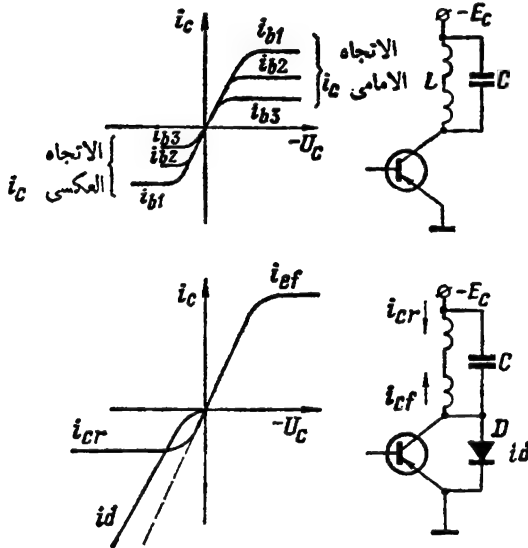
وعندما يصبح المفتاح في حالة القطع ( في اللحظة  $t_1$  ) ، تبدأ دائرة الرنين بالتذبذب الطليق ، فتنقل الطاقة المخزونة في محاثتي الملفين  $L$  الى السعة

$C$  ( في اللحظة  $t_2$  ) ، ثم تنتقل ثانية الى المحاثتي  $L$  . وعندئذ ينعكس اتجاه التيار المار في الملفين والقوة الدافعة الكهربائية المستحثة فيهما . وتبلغ فلطية دائرة الرنين  $U_L$  في اللحظة  $t_3$  قيمتها العظمى التي تفوق كثيرا فلطية المنبع  $E_c$  . وفي اللحظة  $t_4$  يصبح المفتاح في حالة التوصيل ويبدأ المسح الفعال من جديد . ومنذ اللحظة  $t_5$  حتى اللحظة  $t_6$  تنتقل طاقة ملفى الانحراف الى المنبع  $E_c$  ( طالما ان التيار يمر بالمنبع خلال تلك الفترة في الاتجاه السالب ، وتسمح بذلك موصلية المفتاح ثنائية الاتجاه ) . ومنذ اللحظة  $t_6$  حتى اللحظة  $t_7$  يقوم الملفان بتخزين الطاقة التي يحصلان عليها من المنبع ثانية .

وفي الحالة المثلى ( حالة عدم حدوث فقد ) يعيد ملفا الانحراف الى المنبع طاقة مساوية للطاقة التي يحصلان عليها ، اى ان مساحة منطقة القيم السالبة لتيار الانحراف تساوى مساحة منطقة القيم الموجبة ، ومن ثم تكون المركبة المستمرة للتيار مساوية للصفر .

وفي الحالة الحقيقية ( عند حدوث فقد ) تكون الطاقة التي يعيدها الملفان

اقل من الطاقة التي يحصلان عليها ، فيختل تماثل الشكل الموجي للتيار بالنسبة الى محور الزمن ، ومن ثم تمر في الملفين مركبة تيار مستمر .  
 ( ٢ ) الدائرة الحقيقية : يقوم الترانزستور في الدائرة الحقيقية ( الشكل ١٠ - ٣٠ - أ ) بوظيفة مفتاح ذى موصلية ثنائية الاتجاه . فاذا سلطنا على ترانزستور طراز  $p-n-p$  فلطية عكسية  $E_c$  ( اى اذا وصلنا القطب الموجب للمنع  $E_c$  الى المجمع والقطب السالب الى الباعث ) ، واذا سلطنا على القاعدة جهدا سالبا بالنسبة الى المجمع ( موجبا بالنسبة الى الباعث ) ، فان المجمع يقوم



الشكل ١٠ - ٣٠. دائرة المسح الافقى الترانزستورية : أ - الدائرة المبسطة ؛ ب - منحنيات خصائص مجمع الترانزستور ؛ ج - دائرة تحتوى على ثنائى للتماثل ؛ د - المنحنى المميز للمفتاح الترانزستورى المتماثل

بوظيفة الباعث والعكس بالعكس . ولكن الموصلية العكسية للترانزستور لا تماثل تماما الموصلية الامامية ، لأن تركيز حوامل الشحنات ( الثقوب ) فى منطقة الباعث اعلى من تركيزها فى منطقة المجمع ، ولذلك يكون التيار الامامى للترانزستور اكبر من تياره العكسى .

ويمكن الحصول على مفتاح متماثل ( ذى موصلية متماثلة فى الاتجاهين الامامى والعكسى ) اذا وصلنا ثنائى مخمد  $D$  على التوازي مع الترانزستور .

ويطلق على الثنائي اسم المخمد لانه يشبه جزئيا بعمله المخمد المستخدم فى مرحلة الخرج الافقى الصمامية . ولكن الوظيفة الاساسية للثنائى المستخدم فى مرحلة الخرج الافقى الترانزستورية هى جعل موصلية المفتاح متماثلة . وعندما يكون الترانزستور فى حالة التوصيل الامامى ( فى الفترة  $t_4 - t_3$  ) ، يكون الثنائى  $D$  فى حالة القطع . وفى وقت التوصيل العكسى من خلال الترانزستور ( فى الفترة  $t_3 - t_4$  ) يبدأ الثنائى  $D$  بالتوصيل ويضاف تياره الى تيار الترانزستور . وهكذا يمكن تحقيق تماثل كل من المنحنيات المميزة لتيار وفلطية ( مجمع ) المفتاح الترانزستورى ، كما مبين فى الشكل ١٠ - ٣٠ - ٥ .

( ٣ ) طرائق توصيل ملفى الانحراف : ان فقد الطاقة يؤدى كما ذكرنا

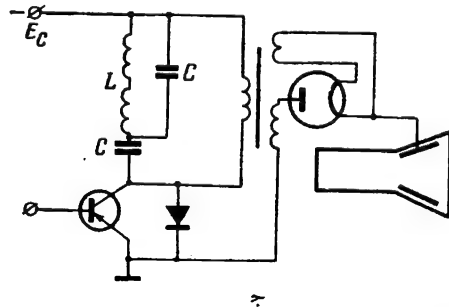
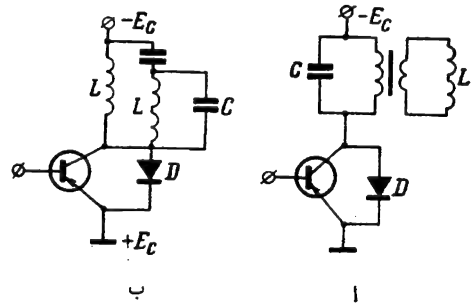
الى ظهور مركبة تيار مستمر تمر فى ملفى الانحراف ، فتسبب انزياحا افقيا للهيكل الخطى على شاشة انبوب الصورة . ويمكن تعويض ذلك الانزياح بواسطة مغنطيسات دائمة ، ولكن استخدام هذه المغنطيسات غير مرغوب فيه .

ولذلك يوصل ملفا الانحراف عن طريق محول او ملف خائق ومكثف مانع ( الشكل ١٠ - ٣١ ) .

وعند التوصيل عن طريق محول ، يمكن باختيار نسبة لفاته استخدام اى ملفى انحراف جاهزين .

اما اذا تم التوصيل عن طريق ملف خائق ومكثف مانع ، فينبغى ان يكون ملفا الانحراف مصممين خصيصا .

يستخدم المكثف المانع  $C$  لغرضين : فهو يمنع المركبة المستمرة من المرور بملفى



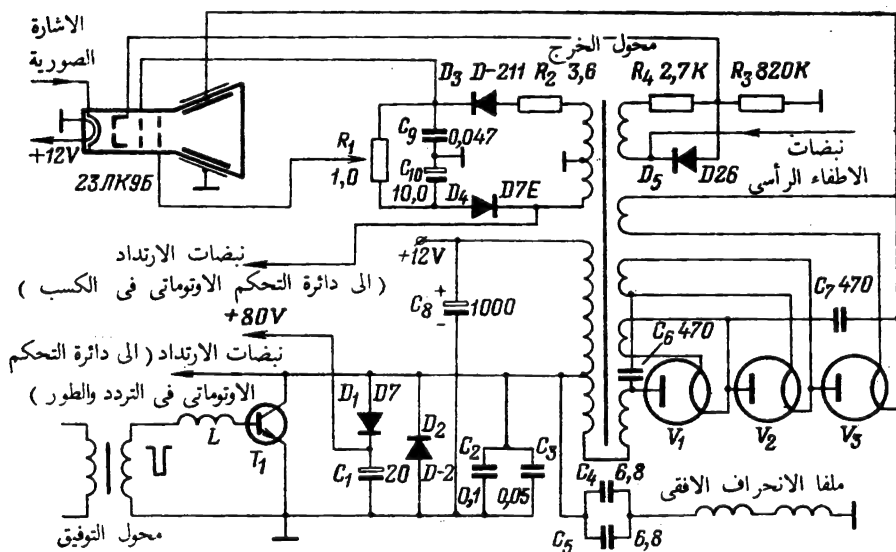
الشكل ١٠ - ٣١ . طرائق توصيل ملفى الانحراف ( أ و ب ) والحصول على الفلطية العالية اللازمة لتغذية أنود أنبوب الصورة ( ج ) .



الانحراف ، ويجعل تيار الانحراف على شكل الحرف S . وميزة توصيل ملفي الانحراف عن طريق ملف ومكثف هي غياب تأثير المحاثات الشاردة وقلة فقد القدرة .

٤) الحصول على الفلطة العالية من اجل تغذية انبوب الصورة : يتم الحصول على الفلطة العالية اللازمة لتغذية انود انبوب الصورة بواسطة محول نبضي يتحمل فلطة عالية يوصل ملفه الابتدائي بدائرة مرحلة الخرج كما في مولدات المسح الصمامية .

طالما ان اتساع نبضات فلطية المجمع الناتجة فى فترات الارتداد يبلغ حوالى ٢٠٠ فولط ( بينما يبلغ اتساع فلطية نبضات انود صمام الخرج عدة



الشكل ١٠-٣٢. دائرة نموذجية لمرحلة خرج أفقى تعمل بالترانزستور (تستخدم فى الجهاز السوفيتى «يونست»)

كيلوفولط ( ) ، فان الحصول على فلطية عالية في اجهزة التلفزيون الترانزستورية يستلزم استخدام مضاعفات للفلطية تعمل بصمامات ثنائية او ثنائيات بلورية عالية الفلطية .

( ٥ ) دائرة نموذجية لمرحلة الخرج الافقى الترانزستورية : لتأمل على سبيل المثال الدائرة المستخدمة فى جهاز التلفزيون النقالى « يونست » ( الشكل ١٠ -

(٣٢) وتعمل مرحلة الخرج في هذه الدائرة بترانزستور طراز  $n-p-n$  . وتسلب النبضات الحافزة على قاعدة الترانزستور عن طريق محول توفيق . وتلك النبضات هي نبضات مستطيلة الشكل سالبة القطبية . ويوصل ملف الانحراف بمجمع الترانزستور عن طريق سعة مانعة ( تتألف من  $C_4$  و  $C_5$  ) . وتسلب فلطية المنبع على المجمع عن طريق الملف الابتدائي لمحول الخرج ، ويقوم هذا الملف بدور ملف خائق . وتستخدم السعة المكونة من المكثفين  $C_6$  و  $C_7$  لتحديد فترة الارتداد . والثنائي البلورى  $D_2$  هو المخمد ، بينما  $D_1$  هو مقوم الفلطية (  $80 +$  فولط ) اللازمة لتغذية مجمع المكبر الصورى . وتستخدم الصمامات الثنائية الثلاث  $V_1$  و  $V_2$  و  $V_3$  كمقوم مضاعف للفلطية ثلاث مرات من اجل الحصول على الفلطية العالية اللازمة لانبوب الصورة . ويعمل الثنائي البلورى  $D_3$  كمقوم للفلطية المسلطة على شبكة تحكم انبوب الصورة ، بينما يستخدم  $D_4$  و  $D_5$  لتقويم الفلطيات اللازمة للكترودات مدفع الالكترونات .

## قنوات ارسال الاشارات التلفزيونية

### البند ١١ - ١ ارسال اللاسلكى للاشارات التلفزيونية

(١) مدى الموجات : ان اللاسلكى هو الوسيلة الاكثر شيوعا لارسال الاشارات التلفزيونية . ويستخدم اللاسلكى لاذاعة الصور التلفزيونية على اوسع نطاق جماهيرى .

ولكن خصائص الاشارات التلفزيونية تحد من مدى الموجات اللاسلكية الصالحة لارسالها . ويتحدد التردد الادنى لهذا المدى بعاملين :

العامل الاول هو ان طرائق التعديل المعروفة حاليا تستلزم ان يكون تردد الموجة الحاملة اعلى بحوالى ٨ - ١٠ مرات من اقصى تردد لاشارة التعديل . والعامل الثانى هو ان الموجات القصيرة التى يزيد طولها عن ١٠ م قادرة على الانعكاس عن الايونوسفير ( الجو المتأين ) ، فلا يمكن استخدامها لارسال الاشارات التلفزيونية ذات النطاق الترددى العريض ، لأن الموجات المنعكسة عن الطبقات المختلفة للايونوسفير تصل الى جهاز الاستقبال بمسارات مختلفة ، فتنج على شاشته صورا متزاحة بالنسبة الى بعضها ، كما ان المركبات الترددية الجانبية تنعكس عن الايونوسفير بدرجات مختلفة ، مما يؤدى الى تشويه الشكل الموجى للاشارة ، بالاضافة الى ان ازدحام مدى الموجات القصيرة بالعدد الهائل من المحطات اللاسلكية يسبب كثيرا من التداخلات فيما بينها .

وعلى هذا النحو يتبين ان الحد الادنى لترددات اللاسلكى الصالحة للارسال التلفزيونى بجودة عالية يساوى حوالى ٤٠ ميگاهرتز ( اى يقابل طولاً موجياً قدره ٧,٥ م تقريبا ) .

اما الحد الاعلى لمدى ترددات الارسال التلفزيونى ، فهو يتحدد اساسا بخصائص انتشار الموجات اللاسلكية . وتبين الابحاث ان الموجات التى

يقل طولها عن ٣ سم ( اى يزيد ترددها عن ١٠٠٠٠ ميگاهرتز ) تعاني من توهين شديد فى الجو ، كما تستطير ( تنثر ) بحدة فى الضباب والدخان والترسبات الجوية وما الى ذلك . ولذلك يعتبر التردد ١٠٠٠٠ ميگاهرتز الحد الاعلى لمدى الترددات الصالح للتلفزيون .

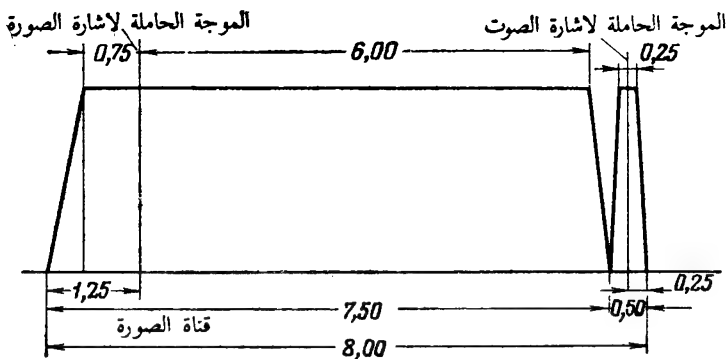
وعلى هذا النحو يصلح لارسال الاشارات التلفزيونية مدى واسع من الترددات يمتد من ٤٠ ميگاهرتز حتى ١٠٠٠٠ ميگاهرتز .

( ٢ ) التعديل : يستخدم لارسال الاشارات التلفزيونية عمليا تعديل الاتساع او تعديل التردد .

والميزة الاساسية لتعديل الاتساع هى ان الاشارة المعدلة تشغل نطاقا تردديا ضيقا نسبيا . ولكن هذا النطاق الضيق نسبيا يكون عريضا جدا عند ارسال الاشارات التلفزيونية . فكما هو معروف ، يتشكل عند تعديل الاتساع نطاقان تردديان جانبيين ، عرض كل منهما يساوى عرض نطاق اشارة التعديل . فاذا كان اقصى تردد لاشارة التعديل  $F_m$  يساوى ٦ ميگاهرتز ، فان نطاق ترددات الاشارة المعدلة هو  $f_c \pm F_m$  ، اى ان عرضه يساوى ١٢ ميگاهرتز ، وهذا كبير جدا . ولذلك ، طالما ان كلا من النطاقين الجانبيين يحتوى على المعلومات الواجب ارسالها ، فان من المرغوب فيه ان يتم الارسال بنطاق جانبي مفرد ، كما هو الحال فى هندسة الاتصالات . ولكن النطاقين الجانبيين العلوى والسفلى للطيف التلفزيونى قريبان بعضهما الى بعض لدرجة انه يستحيل فصل احدهما عن الاخر فصلا تاما . ولذلك تلجأ الاذاعة التلفزيونية الى الكبت الجزئى لاحد النطاقين الجانبيين ، على الاخص مركباته الترددية التى تبعد عن تردد الموجة الحاملة اقل من ٠,٧٥ ميگاهرتز . وكما يبين الشكل ١١ - ١ ، يظل النطاق الذى تشغله محطة الاذاعة التلفزيونية عريضا جدا حتى باستخدام طريقة الارسال التجزئى للنطاق الجانبي . وتشغل قناة الصورة بهذه الطريقة ٧,٥ ميگاهرتز \* ، بينما يخصص لقناة الصوت المصاحب للصورة ٠,٥ ميگاهرتز .

---

\* هذا فى النظام التلفزيونى السوفيتى ، اما فى النظام الاوروبى الغربى ( المتبع فى البلدان العربية ) ، فان عرض قناة الصورة والفرق بين ترددى الموجتين الحاملتين للصوت والصورة اقل يقدر ميگاهرتز واحد ( انظر الجدول ١١ - ١٠ ) .



الشكل ١١ - ١. ترتيب طيفى اشارتى الصورة والصوت فى قناة الاذاعة التلفزيونية طبقا للنظام القياسى السوفيتى

ويتم تصحيح التشوهات الناجمة عن الكبت الجزئى لأحد النطاقيين الجانبيين بتوليف جهاز الاستقبال توليفا خاصا ، كما مبين فى الفصل ١٣ . ويكفى لذلك الا تمس الترددات التى تبعد عن الموجة الحاملة اقل من ٠,٧٥ ميغاهرتز بالمرشحات التى تقوم بالكبت الجزئى فى جهاز الارسال .

ولكن تعديل التردد ، على الرغم من العيب المذكور ( كبر عرض نطاق الاشارة المعدلة ) . يمتاز بمزايا كثيرة اهمها انه ( عندما يكون انحراف التردد كبيرا لدرجة كافية ) يضمن الحصول على نسبة اشارة الى ضوضاء افضل كثيرا من النسبة التى نحصل عليها فى حالة تعديل الاتساع .

وتستخدم طريقة تعديل التردد لارسال الاشارات التلفزيونية فى منظومات الارجال اللاسلكى العاملة فى مدى الترددات فوق العالية ( SHF ) .

٣ ) قطبية التعديل : طالما ان نصوص اى نقطة من نقط الشئ المتلفز لا يمكن ان يكون سالبا ، فان قطبية الاشارة الصورية تكون دائما وحيدة القطبية . ولذلك يمكن ان يتم تعديل اتساع موجة جهاز الارسال على شكلين : فاذا كان الانتقال من جزء نير من الصورة الى جزء مظلم يؤدى الى زيادة القدرة التى يشعها جهاز الارسال ، فان تعديل الاتساع يسمى تعديلا سالبا ، واذا كان الانتقال من الجزء النير الى الجزء المظلم يسبب نقصا فى القدرة المشعة ،

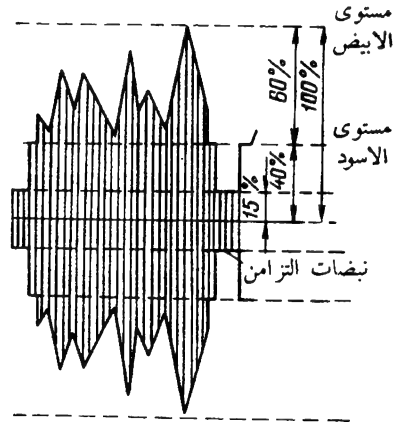
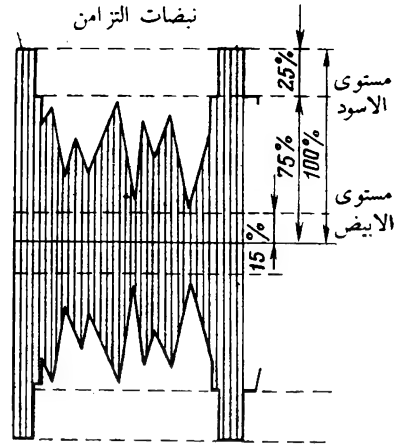
فان تعديل الاتساع يسمى تعديلا موجبا . ويبين الشكل ١١ - ٢ الشكل الموجي للإشارة المعدلة من حيث الاتساع في حالتى التعديل السالب والتعديل الموجب .

وعند استخدام تعديل التردد لا تولى اهمية لقطبية اشارة التعديل عادة ، بينما تتسم باهمية بالغة في حالة تعديل الاتساع .

وترجع اهمية قطبية تعديل

الاتساع الى سببين :

أ - عند استخدام التعديل السالب ، ينجم عن تأثير الضوضاء النبضية على الكترود تحكم انبوب الصورة ان تظهر على الشاشة اساسا نقط وشرط سوداء غير ملحوظة للعين نسبيا ، ولكن نبضات الضوضاء تؤثر على التزامن تأثيرا كبيرا . وفي حالة التعديل الموجب ، يؤدي تأثير الضوضاء النبضية الى ظهور نقط وبقع بيضاء ساطعة على الشاشة ، كما تؤدي الى الحفز الزائد لانبوب



الشكل ١١ - ٢ . الشكل الموجي للإشارة التلفزيونية في حالتى التعديل السالب (فى الاعلى) والتعديل الموجب (فى الاسفل)

الصورة واختلال تركيز الشعاع الماسح وحتى « احتراق » الشاشة ، ولكن نبضات الضوضاء لا تؤثر عمليا على استقرار التزامن . ويلاحظ عمليا ان تأثير الضوضاء فى الحالة الاولى ( حتى اذا استخدمت دوائر التزامن البسيطة ) يمكن أقل مما فى الحالة الثانية . وتزداد افضلية التعديل السالب للدرجة كبيرة عند استخدام دوائر التزامن الحصينة ضد الضوضاء .

ب - يتيح التعديل السالب امكانية استخدام جهاز الارسال لاشعاع قدرة اعلى بالاستفادة من الجزء الاخطى العلوى من المنحنى المميز لكل من صمامات المرحلة المعدلة والمكبرات التى تليها ، لان نقصان اتساع نبضات التزامن نتيجة للاخطية المنحنى المميز يمكن ان تتعوض بزيادة اتساع نبضات التزامن قبل التعديل .

ونظرا لما يمتاز به التعديل السالب ، فهو يستخدم فى الانظمة التلفزيونية لاجلب بلدان العالم .

٤ ) استقطاب الموجة المشعة : ان وضع هوائى الارسال يحدد اتجاهى المجالين الكهربائى والمغناطيسى للموجة اللاسلكية ، اى يحدد كما يقال استقطابها . ويناظر استقطاب الموجة المستوى الذى يقع فيه متجه المجال الكهربائى  $E$  .

ورغم ان الاستقطاب الافقى والاستقطاب الرأسى متكافئان فى الفضاء المطلق ، نجد ان كلا منهما يمكن ان يمتاز عن الآخر فى الظروف الحقيقية تبعا للقرب من سطح الارض والمباني ومصادر الضوضاء .

وتمتاز الموجات اللاسلكية ذات الاستقطاب الافقى بأنها اكثر قدرة على النفاذ من خلال العوائق الى ما وراء الافق ، وتعطى فى هذه الظروف اشارة اقوى ، مع انها تعطى اشارة اضعف بقرب الارض على خط النظر بين هوائى الارسال والاستقبال .

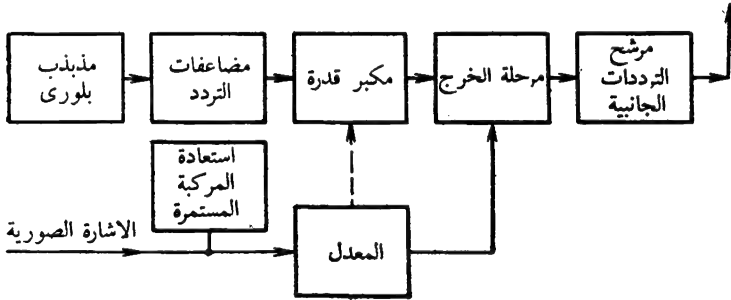
وفى حالة الاستقطاب الافقى يقل تأثير تداخل الموجات المنعكسة عن المنشآت الرأسية الموجودة فى المدن بكثرة ( المباني والاعمدة وما الى ذلك ) ، وبذلك يقل خفوت الاشارة ، كما تضعف الاشباح ( الاخيلة المتكررة ) التى تظهر فى الصورة نتيجة للانعكاسات .

وكذلك يخف تأثير التداخلات الناتجة عن دورات الاشتعال ( فى السيارات وغيرها ) ، اذ ان المركبة المستقطبة رأسيا هى الاقوى فى اغلبها . واخيرا فان ما يمتاز به الموجات المستقطبة افقيا ، هو ان الهوائيات الافقية الاتجاهية المخصصة لاستقبالها ابسط تصميميا من الهوائيات الرأسية .

ومن الممكن تركيب الهوائيات الافقية على صوارى معدنية . وتسمح الانتقائية الاتجاهية فى المستوى الافقى باضعاف تأثير التدخلات والموجات المنعكسة . ومراعاة لكل ما ذكر ، اختيار الاستقطاب الافقى للاسال التلفزيونى فى الاتحاد السوفيتى واغلب البلدان الاخرى .

## البند ١١ - ٢ جهاز الارسال

( ١ ) العناصر الاساسية لجهاز الارسال التلفزيونى : يبين الشكل ١١ - ٣ رسما تخطيطيا للمراحل الاساسية لجهاز الارسال التلفزيونى . ويتم توليد الموجة الحاملة بواسطة مذبذب بلورى وسلسلة من مضاعفات التردد . ويعمل المذبذب البلورى كمصدر اولى للذبذبات ، يبلغ تردده ٥ - ١٠ ميگاهرتز ، وتضمن استقراره بلورة كوارتز .



الشكل ١١ - ٣ . الرسم التخطيطى لمراحل جهاز الارسال التلفزيونى

ويتم الحصول على القدرة اللازمة لجهاز الارسال باستخدام عدة مراحل تكبير .

ويمكن ان يجرى التعديل فى اى مرحلة من مراحل جهاز الارسال باستثناء المذبذب الذى يقل استقراره بحددة لو اجرى التعديل فيه .

ويتطلب تعديل مرحلة الخرج ( التعديل على مستوى عال ) قدرة كبيرة من المعدل ، ومن ثم يتطلب تكبير الاشارة الصورية بنسبة عالية ، ويستلزم استخدام مرشح معقد للكبت الجزئى لأحد النطاقين الجانبيين ، ولكنه يسمح



اما تعديل احدى مراحل التكبير الوسطى ( التعديل على مستوى متوسط ) او تعديل احدى مراحل التكبير الاولى ( التعديل على مستوى منخفض ) ، فهو يتطلب ان تكون مراحل التكبير التى تلى المرحلة المعدلة قادرة على تكبير نطاق ترددى عريض ، مما يقلل من كسبها ، غير ان القدرة المطلوبة من المعدل تصبح اقل ، كما يمكن الاستغناء عن المرشح الخاص بالكبت الجزئى لأحد النطاقين الجانبيين ، اذ ان هذا الكبت يمكن ان يتم بتوليف مناسب للمراحل التى تتبع المرحلة المعدلة .

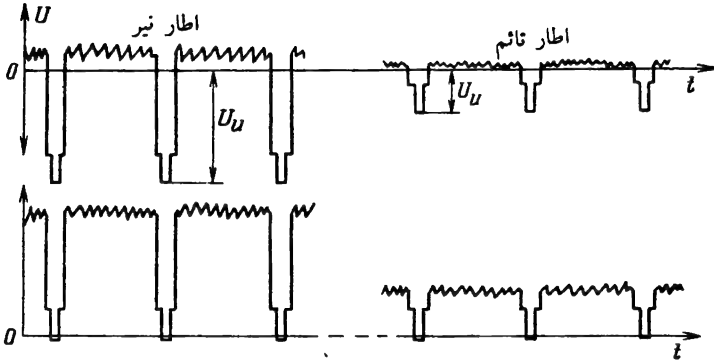
ويستخدم عادة التعديل الشبكي لأنه يتطلب من المعدل قدرة أقل .

( ٢ ) ارسال المركبة المستمرة : ان ارسال المركبة المستمرة للاشارة الصورية يستلزم استعادة هذه المركبة قبل التعديل .

Y O V

بالتعديل الشبكي ، وتم فيه استعادة المركبة المستمرة بواسطة المكثفين  $C$  والثنائي  $D$  .

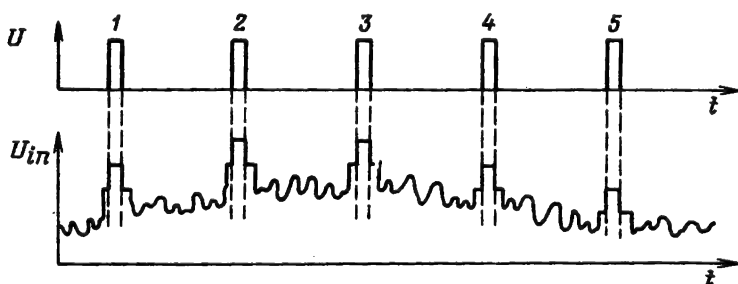
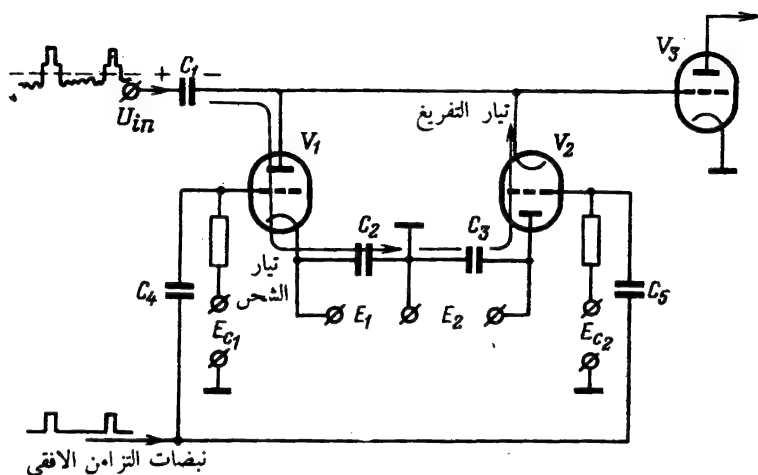
ولو لم يوجد الثنائي  $D$  ، لما احتوت الإشارة المسلطة على شبكة الصمام المعدل على مركبة مستمرة ، ولكن شكلها الموجي كما مبين في الشكل ١١ - ٥ أ . وإذا وجد الثنائي  $D$  ، فهو يبدأ بالتوصيل عندما يأتي الى كاثوده



الشكل ١١ - ٥ . الشكل الموجي للإشارة الصورية : أ - في حالة عدم وجود المركبة المستمرة ؛ (الرسم العلوى) وبدء استعادة المركبة المستمرة (الرسم السفلى)

الجزء السالب من الإشارة ( نبضة التزامن وجزء من نبضة الاطفاء ) ، ويشحن بتياره المكثفين  $C$  حتى فلتيتين يساوى مجموعهما المقدار  $U$  . وبعد انتهاء نبضة الاطفاء تنعكس قطبية الإشارة ويصبح الثنائي في حالة القطع بتأثير فلتيتي المكثفين  $C$  اللذين يبدأان بتفريغ شحنتيهما. عن طريق المقاومة  $R$  . ويختار الثابت الزمني لدائرة التفريغ ، بحيث لا يكاد المكثفان  $C$  يفرغان جزءا ملحوظا من شحنتيهما حتى تصل نبضة الاطفاء التالية ، فيتم شحنهما من جديد. وتبقى فلتية المكثفين  $C$  ثابتة تقريبا ومساوية  $U$  ، وتضاف الى الإشارة الصورية فترفعها كما مبين في الشكل ١١ - ٥ ب . ونتيجة لذلك يظل مستوى نبضات التزامن ثابتا وقريبا من جهد منبع انود الثنائي سواء أكان الاطار (الصورة) نيرا او مظلما . وهكذا نجد ان المركبة المستمرة قد استعيدت . ويتم توصيلها الى شبكة المرحلة المعدلة في جهاز الارسل بتوصيل انود المعدل بتلك المرحلة توصيلا مباشرا .

وتتصف دائرة استعادة المركبة المستمرة التي تعرضنا لدراسة مبدأ عملها بعدة عيوب اهمها ان نصوص الصورة يتناقص على طول خطوط المسح نتيجة لتفريغ المكثفين  $C$  لجزء من شحنتيهما عن طريق المقاومة  $R$  .  
وتسمح دوائر اخرى اكثر تعقيدا باستعادة المركبة المستمرة للدرجة ادق . ويبين الشكل ١١ - ٦ على سبيل المثال دائرة « قمت » ذات صمامين



الشكل ١١ - ٦ . استعادة المركبة المستمرة بدائرة « قمت » ذات صمامين ثلاثيين

ثلاثيين تحفزهما نبضات خاصة . وتختار فلطيتا انحياز الصمامين ، بحيث يكونان في حالة القطع خلال الفترات الفاصلة بين نبضات التزامن ، فلا يفرغ المكثف  $C_1$  من شحنته في هذه الفترات . وعندما تصل الى شبكتي الصمامين النبضات الحافزة المتتالية بتردد المسح الافقى ، يصبح الصمامان في حالة التوصيل ، فيفرغ المكثف القارن  $C_1$  جزءا من شحنته او يأخذ شحنة اضافية ،

بحيث يحافظ على قيمة ثابتة لفلطية شبكة المكبر  $V_3$  المناظرة لمستوى «الاسود». وبذلك تتم استعادة المركبة المستمرة بكل تغيراتها ، لأن الثابت الزمنى لتفريغ او شحن المكثف القارن عن طريق الصمامين  $V_1$  و  $V_3$  يكون صغيرا جدا عندما يكون الصمامان فى حالة التوصيل .

( ٣ ) المدى الذى يغطيه جهاز الارسال وقدرته المشعة : ان الموجات الشديدة القصر المستخدمة للارسال التلفزيونى لا تنعكس عمليا عن الايونوسفير ولا تعطف كثيرا حول الارض ، بل تنتشر انتشارا مستقيما تقريبا ( بدون حيود ) ، فنحصر امكانية استقبالها اساسا ضمن مدى خط النظر .

وتحدد المسافة العظمى بين هوائى الارسال والاستقبال فى حالة وجودهما على خط النظر بارتفاعى الهوائيين وتضاريس الارض . واذا كانت الارض ملساء ( كروية وبدون عوائق ) ، فان تلك المسافة تساوى بالكيلومترات :

$$A = 3.55 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (11.1)$$

حيث  $h_1$  و  $h_2$  هما ارتفاعا هوائى الارسال والاستقبال بالامتار .

وينجم عن حيود الموجات اللاسلكية فى التروبوسفير ( الجو السفلى ) ان تكون مسافة « الرؤية اللاسلكية » اكبر قليلا من مسافة الرؤية البصرية المباشرة . وفى حالة الحيود فى التروبوسفير القياسى تتحدد تلك المسافة بنفس العلاقة ( 11.1 ) اذا زدنا المعامل 3.55 حتى 4.12 .

ويمكن حساب قدرة جهاز الارسال  $P$  اللازمة لاجداث شدة مجال  $E$  عند هوائى الاستقبال الموجود على بعد مساو  $R$  ، حسب العلاقة :

$$P = \frac{E \lambda R^2}{2.18 \sqrt{D} h_1 h_2} \quad (11.2)$$

حيث  $\lambda$  طول الموجة بالامتار و  $D$  كسب هوائى الارسال ( كسب القدرة الاتجاهى ) فى المستوى الرأسى ، ويغير عن  $P$  بالكيلوواط و  $E$  بالميكرو فولت للمتر و  $R$  بالكيلومترات و  $h_1$  و  $h_2$  بالامتار .

### البند ١١ - ٣ قنوات الاذاعة التلفزيونية

لكى تغطى الاذاعة التلفزيونية مساحات شاسعة ، ينبغى استخدام محطات ارسال ذات قدرة عالية واشعاع دائرى . ومن الايسط كثيرا الحصول على القدرة العالية باستخدام اطول موجات المدى الصالح للارسال التلفزيونى . ومن مزايا

الموجات الاكثر طولاً انها تنعطف حول العوائق على نحو افضل ، وتنتشر الى ما وراء الافق لمسافات اكبر . ولذلك خصص للاذاعة التلفزيونية جزء كبير من مدى الموجات المتربة ( ذات الترددات العالية جدا VHF ) . ويبين الجدول ١١ - ١ توزيع القنوات التلفزيونية فى ذلك المدى طبقاً للنظام السوفييتى ( الاوروبى الشرقى ) والنظام الاوروبى الغربى .

الجدول ١١ - ١

رقم القناة	الحدان التردديان ( بالميجاهرتز )		تردد الموجة الحاملة الصورة ( بالميجاهرتز )		تردد الموجة الحاملة للصورة ( بالميجاهرتز )	
	النظام السوفييتى	النظام الاوربى الغربى	النظام السوفييتى	النظام الاوربى الغربى	النظام السوفييتى	النظام الاوربى الغربى
١	٥٦,٥-٤٨,٥	٤٧-٤٠	٤٩,٧٥	٤١,٢٥	٥٦,٢٥	٤٦,٧٥
٢	٦٦-٥٨	٥٤-٤٧	٥٩,٢٥	٤٨,٢٥	٦٥,٧٥	٥٣,٧٥
٣	٨٤-٧٦	٦١-٥٤	٧٧,٢٥	٥٥,٢٥	٨٣,٧٥	٦٠,٧٥
٤	٩٢-٨٤	٦٨-٦١	٨٥,٢٥	٦٢,٢٥	٩١,٧٥	٦٧,٧٥
٥	١٠٠-٩٢	١٨١-١٧٤	٩٣,٢٥	١٧٥,٢٥	٩٩,٧٥	١٨٠,٧٥
٦	١٨٢-١٧٤	١٨٨-١٨١	١٧٥,٢٥	١٨٢,٢٥	١٨٢,٧٥	١٨٧,٧٥
٧	١٩٠-١٨٢	١٩٥-١٨٨	١٨٣,٢٥	١٨٩,٢٥	١٨٩,٧٥	١٩٤,٧٥
٨	١٩٨-١٩٠	٢٠٢-١٩٥	١٩١,٢٥	١٩٦,٢٥	١٩٧,٧٥	٢٠١,٧٥
٩	٢٠٦-١٩٨	٢٠٩-٢٠٢	١٩٩,٢٥	٢٠٣,٢٥	٢٠٥,٧٥	٢٠٨,٧٥
١٠	٢١٤-٢٠٦	٢١٦-٢٠٩	٢٠٧,٢٥	٢١٠,٢٥	٢١٣,٧٥	٢١٥,٧٥
١١	٢٢٢-٢١٤	٢٢٣-٢١٦	٢١٥,٢٥	٢١٧,٢٥	٢٢١,٧٥	٢٢٢,٧٥
١٢	٢٣٠-٢٢٢	-	٢٢٣,٢٥	-	٢٢٩,٧٥	-

ويبلغ عرض كل قناة ٨ ميجاهرتز فى النظام السوفييتى و ٧ ميجاهرتز فى النظام الاوروبى الغربى ، ويزيد تردد الموجة الحاملة للصوت فى كل قناة عن تردد الموجة الحاملة للصورة بقدر ٦,٥ ميجاهرتز فى النظام السوفييتى و ٥,٥ ميجاهرتز فى النظام الاوروبى الغربى . وفى كلا النظامين تعدل الموجة الحاملة للصورة تعديل اتساع سالب القطبية ، وتعدل الموجة الحاملة للصوت تعديل تردد بانحراف قدره ٥٠ كيلوهرتز .

ونظرا لأن الموجات المترية لم تعد كافية امام التطور المستمر للاذاعة التلفزيونية ، فقد امتدت القنوات التلفزيونية الى نطاق الموجات الديسيمترية ( ذات الترددات بعد العالية UHF ) حتى حوالى ١٠٠٠ ميغاهرتز .

## البند ١١ - ٤ خطوط الارجال اللاسلكى

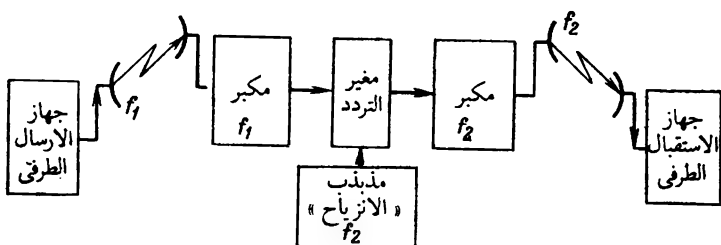
ان الموجات الشديدة القصر الصالحة لارسال الاشارات التلفزيونية تنتشر ، كما سبق ان ذكرنا ، انتشارا جيدا ضمن منطقة لا تتعدى مدى خط النظر الا قليلا .

ويتم ارسال الصور التلفزيونية الى مسافات بعيدة بواسطة منظومات الارجال اللاسلكى واقمار الاتصالات .

ومنظومة الارجال اللاسلكى عبارة عن سلسلة من المحطات اللاسلكية مستقبلية ومرسلة ، تعمل فى الغالب اوتوماتيا ، وتستخدم لنقل الاشارة من النقطة المرسلة الى نقطة مستقبلية بعيدة جدا عنها . وتقوم كل محطة من محطات الارجال ( التقوية ) باستقبال الاشارة التى تشعها المحطة السابقة او المحطة الطرفية المرسلة ، ثم تكبرها وترسلها من جديد الى المحطة التالية او المحطة الطرفية المستقبلية .

وطالما ان كل محطة من محطات الارجال ترسل الاشارة الى نقطة واحدة ( المحطة التالية ) ، فمن الافضل تركيز الطاقة المشعة ضمن زاوية صغيرة باستخدام الهوائيات الحزمية ( ذات الاتجاهية الفائقة ) التى يسهل تحقيقها فى مدى الموجات الدقيقة ( الموجات الستيمترية ذات الترددات فوق العالية SHF ) . وتتيح الهوائيات الحزمية الحصول على نسبة عالية للاشارة الى الضوضاء بجهاز ارسال ذى قدرة صغيرة جدا ( عدة واطات او اجزاء من الواط ) . ومن المهم فقط ان يكون هوائى كل محطة على خط النظر مع هوائى المحطة التالية . ولذلك تتركب الهوائيات على ابراج عالية ( ارتفاعها ٦٠ متر تقريبا او اكثر ) ، تفصل بينها مسافات تساوى ٤٠ - ٦٠ كيلومتر .

ويوضح الشكل ١١ - ٧ احدى الطرائق المستخدمة فى محطات الارجال اللاسلكى . وبهذه الطريقة يجرى اولا تكبير الاشارة المستقبلية ذات التردد  $f_1$



الشكل ١١ - ٧ . منظومة ارحال لاسلكي ذات انزياح ترددي

ثم يتزاح ترددها الى قيمة  $f_2$  تختلف عن  $f_1$  بعشرات الميجاهرتز ، وبعد ذلك يتم تكبير الاشارة على التردد  $f_2$  . ويستخدم انزياح التردد لاستثناء الاستشارة الذاتية الناجمة عن التقارن غير المرغوب فيه بين هوائى الاستقبال والارسال .

### البند ١١ - ٥ الارحال اللاسلكي عن طريق الاقمار الاصطناعية

ان مدى انتشار الموجات المستخدمة لارسال الاشارات التلفزيونية محدود ، كما سبق ان ذكرنا ، بمدى خط النظر . ومن اجل توسيع مدى الارسال ، ينبغي ان يكون ارتفاع الهوائيات كبيرا جدا .

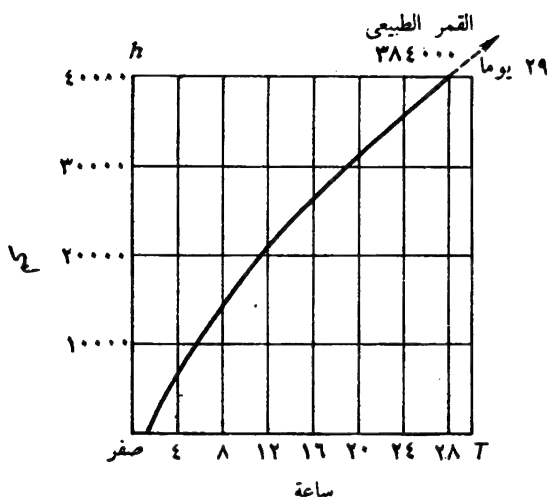
ولذلك اقترح العالم السوفييتى شماكوف فى عام ١٩٣٧ تركيب محطات الارحال اللاسلكي على طائرات تطير على ارتفاع شاهق ، بدلا من تركيبها على الارض . ولقد بينت الحسابات والتجارب انه يمكن ارحال الاشارات التلفزيونية الى مسافة تبلغ حوالى ٦٠٠ كم باستخدام طائرة تطير على ارتفاع ٨ كم .

وبعد النجاحات الكبرى فى غزو الفضاء ، اصبح من الممكن ارحال الاشارات التلفزيونية عن طريق الاقمار الاصطناعية التابعة للارض .

ولقد ظهرت امكانيات مثيرة باستخدام التوابيع « المترامنة » التى تدور حول الارض فوق خط الاستواء مرة واحدة كل ٢٤ ساعة ، فتبدو بالنسبة الى سطح الارض كأنها ثابتة ومعلقة فى السماء .

وتعتمد مدة دورة التابع الاصطناعى على طول نصف المحور الاكبر لمداره ، اذا كان هذا المدار اهليلجيا (على شكل قطع ناقص) ، او على

نصف قطر المدار ، اذا كان دائريا . وطالما ان الفرق بين نصف قطر مدار التابع الاصطناعي ونصف قطر الارض هو عبارة عن ارتفاع التابع عن سطح الارض ، يمكن ان نعتبر ان مدة دورة التابع تتوقف على ارتفاع مداره . وبين الشكل ١١ - ٨ هذه العلاقة ، ومنه نجد ان مدة دور التابع تساوى ٢٤ ساعة ، اذا كان يدور على مدار دائرى يبعد عن سطح الارض ٣٥٨٠٠ كم .



الشكل ١١ - ٨ . منحنى العلاقة بين ارتفاع مدار التابع الاصطناعي للارض ومدة دورته

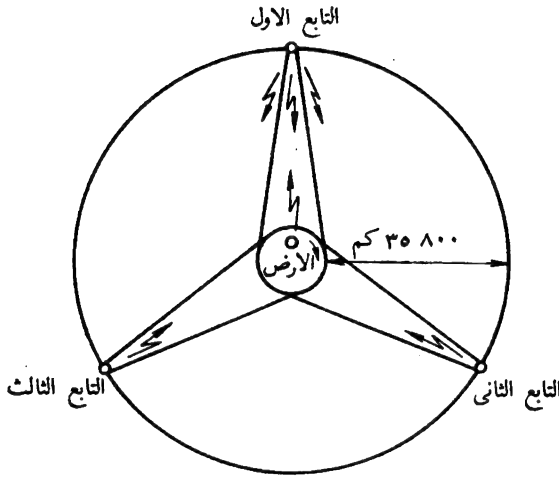
وتنحصر منطقة رؤية التابع المتزامن من سطح الارض بين خط العرض  $70^\circ$  شمالا وخط العرض  $70^\circ$  جنوبا . ويمكن تغطية هذه المنطقة الكبيرة ببرنامج تلفزيونى واحد ليل نهار بواسطة ثلاثة توابع مترامنة ، تفصل بينها مسافات زاوية متساوية (تساوى  $120^\circ$ ) ، كما موضح بالشكل ١١ - ٩ . ومن الممكن ان تكون مثل هذه المنظومة المترامنة اساسا ملائما لمنظومة اتصالات عالمية ، ولكنها غير صالحة لتغطية كل مساحة الاتحاد السوفيتى بالتلفزيون ، اذ ان مناطق شاسعة من الشمال تبقى خارج المجال الذى ترى منه تلك المنظومة .

وبالاضافة الى ذلك ، ثمة صعوبات اقتصادية وتكنولوجية بالغة يقترن بها اطلاق التوابع الاصطناعية الى المدار المتزامن .



ومن الاسهل كثيرا اطلاق توابع الاتصالات الى مدارات اخرى ماثلة بالنسبة الى خط الاستواء .

وطالما ان التوابع التي تدور على مثل هذه المدارات تتزاح بالنسبة الى سطح الارض تدريجيا ، فلا يمكن استخدامها لارحال الاشارات التلفزيونية الا اثناء فترات محددة ، وهي الفترات التي تكون التوابع خلالها في مجال رؤية محطات الارسال والاستقبال الارضيتين . وهكذا ، فان قمر الاتصالات



الشكل ١١ - ٩ . منظومة التوابع الاصطناعية المتزامنة

الامريكي « تلسنار - ٢ » الذي اطلق الى مدار ارتفاعه في نقطة الاوج ١٠٠٠٠ كم ، ومدة دورته ٢٢٥ دقيقة لم يستطع ان يؤمن ارحال الاشارات من الولايات المتحدة الى اوربا الغربية الا خلال ٩٠ دقيقة من كل دورة .

اما قمر الاتصالات السوفيتي « مولنيا - ١ » ، فارتفاعه في نقطة الاوج (في الجزء الشمالي من الكرة الارضية) يبلغ ٤٠٠٠٠ كم ، ومدة دورته ١٢ ساعة ، ويكفل ارحال الاشارات التلفزيونية والتلفونية من موسكو الى الشرق الاقصى خلال ٩ ساعات من دورة واحدة .

وتتم تغذية تابع الاتصالات بواسطة بطاريات (خلايا) شمسية ومركبات متصلة بها . وتبلغ قدرة جهاز الارسال المستخدم في التابع حوالى ٤٠ واط ، بينما تبلغ قدرة جهاز ارسال المحطة الارضية حوالى ٥ كيلواط .

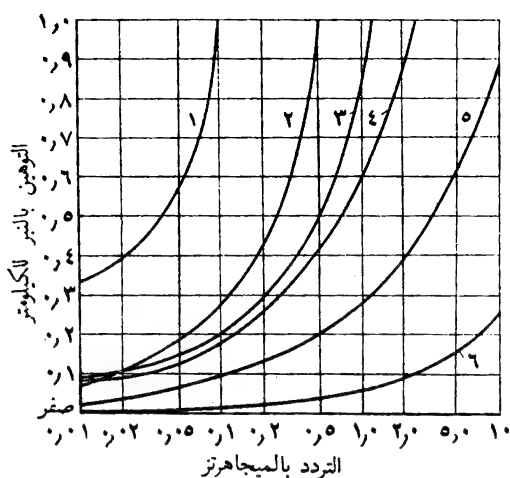
## البند ١١ - ٦ ارسال الاشارات التلفزيونية بالخطوط السلكية

ثمة انواع عديدة من الخطوط السلكية تستخدم للاتصالات الكهربائية ، ولكن امكانية استعمالها لارسال الاشارات التلفزيونية محدودة جدا . وينجم ذلك اساسا عن النطاق العريض لطيف الاشارة الصورية ، اذ انه اعرض بأكثر من ١٠٠٠ مرة تقريبا من طيف الاشارة السمعية . وتتصف اغلب الخطوط السلكية في ذلك النطاق العريض بتوهين غير منتظم يهبط مع التردد بشدة (الشكل ١١ - ١٠) . واكثر خطوط الاتصالات السلكية صلاحية لارسال الاشارات التلفزيونية هو الكابل ذو الموصلين المتحدى المحور .

يتألف الكابل المحورى من موصل (سلك) مركزى وموصل انبوبى (او مضفر) يحيط به . وينحصر انتشار الطاقة الكهرومغناطيسية فى الكابل المحورى داخل الموصل الخارجى . وعندما يكون الكابل موفقا مع الاجهزة المتصلة بنهايته ، نجده لا يشع الطاقة الى الفضاء المحيط به ولا يلتقطها من الخارج ، اى لا يتأثر عمليا بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية الخارجية . ويتميز الخط المحورى بتوهين اقل مرتين ، مما يتصف به الخط المتوازن (ذو السلكين المتماثلين) اذا تساوى مقدار النحاس فى الخطين . ويكون التوهين فى الكابل المحورى ذى الموصلين النحاسيين اقل ما يمكن ، اذا اختيرت نسبة قطر الموصل الخارجى الى قطر الموصل الداخلى مساوية حوالى ٣,٦ . ويقل التوهين فى الكابل ، كلما زاد قطرا موصليه .

وعندما يكون الكابل المحورى ذا عازل جيد ، نجد ان تزايد التوهين مع التردد غير كبير جدا (المنحنى ٤ فى الشكل ١١ - ١٠) ، بحيث يمكن تصحيحه (معادلته) بسهولة نسبيا .

ويتصف الكابل المحورى بأن حصانته ضد الضوضاء والتأثيرات الخارجية ضعيفة نسبيا عند الترددات المنخفضة ، ولكنها تتحسن بسرعة ، كلما زاد التردد ، خلافا لما نلاحظه لدى خطوط الاتصالات الاخرى . ويفسر ذلك فيزيائيا بأنه اذا كان تيار الاشارة على التردد ، فان «تأثير التقايرية» يجعله يتركز فى الطبقة الداخلية للموصل الخارجى ، كما تجعله «الظاهرة



الشكل ١١ - ١٠ . منحنيات التوهين في مختلف الخطوط السلكية : ١ - خط نقل هوائي فولاذي ، قطر كل من سلكية  $d = 4mm$  ؛ ٢ - خط نقل متوازن ذو عازل ورقي ؛ ٣ - خط متوازن ذو عازل من البوليستير ،  $d = 1.2mm$  ؛ ٤ - كابل محوري ذو  $d/D = 2.5/9.4mm$  ؛ ٥ - خط نقل هوائي نحاسي ذو  $d = 4mm$

السطحية» يتركز في الطبقة السطحية للموصل الداخلي . اما التيارات العالية التردد المتداخلة من خارج الكابل ، فهي تبقى في الطبقة السطحية للموصل الخارجي نتيجة للظاهرة السطحية . وعلى هذا النحو يتم حجب الكابل عن التأثيرات المشوشة الخارجية بواسطة طبقة معدنية تفصل بين تيار الإشارة وتيارات التداخلات العالية التردد .

وطالما ان حصانة الكابل المحوري تتحسن كلما زاد التردد ، نجده

يستخدم لارسال ترددات عالية جدا .

ومما يعيق استخدام الكابل المحوري لارسال الترددات المنخفضة ان انزياح الطور الذي يسببه يتغير مع التردد تغيرا خطيا عند الترددات التي تزيد عن ٣٠٠ - ٥٠٠ كيلوهرتز فقط . وتختلف خطية العلاقة بين الطور والتردد لدى الترددات التي تقل عن ذلك الحد ، لدرجة ان من الصعب جدا تصحيحها . وعند ارسال الاشارات الصورية بالكابل المحوري الى مسافات كبيرة (تزيد عن ١٠ - ٢٠ كم) ، تتعرض الترددات المنخفضة لتشويشات شديدة ، كما تتعرض لتشوهات طورية كبيرة لا يمكن تصحيحها . ولذلك يستلزم ارسال الاشارات الصورية بالكابل المحوري الى مسافات كبيرة نقل طيف هذه الاشارات الى نطاق يقع فوق ٣٠٠ - ٥٠٠ كيلوهرتز .

ويتم نقل طيف الإشارة الصورية الذي يمتد مثلا من ٥٠ هرتز حتى ٦ ميغاهرتز الى نطاق منخفض وضيق نسبيا بتراكب معه ويمتد من ٢ حتى ٨.٥ ميغاهرتز بتعديل الانتساع مرتين متتاليتين والكبت الجزئي لأحد النطاقين الجانبيين .

## الفصل الثانى عشر

# هوائيات التلفزيون

### البند ١٢ - ١ فكرة عامة عن هوائيات التلفزيون

ان اغلب هوائيات التلفزيون عبارة عن هوائيات رنانة تختار ابعادها تبعا لطول الموجة المطلوب استقبالها .

وتتميز الهوائيات بخاصية العكسية ، اى ان خواصها (الكسب الاتجاهى ، نمط الاتجاهية ، المعاوقة ، الارتفاع الفعال ، وما الى ذلك ) عند استخدامها للاستقبال تماثل خواصها عند استخدامها للارسال . ولكن تصميم هوائيات الارسال يختلف كثيرا عن تصميم هوائيات الاستقبال لاعتبارات خاصة .

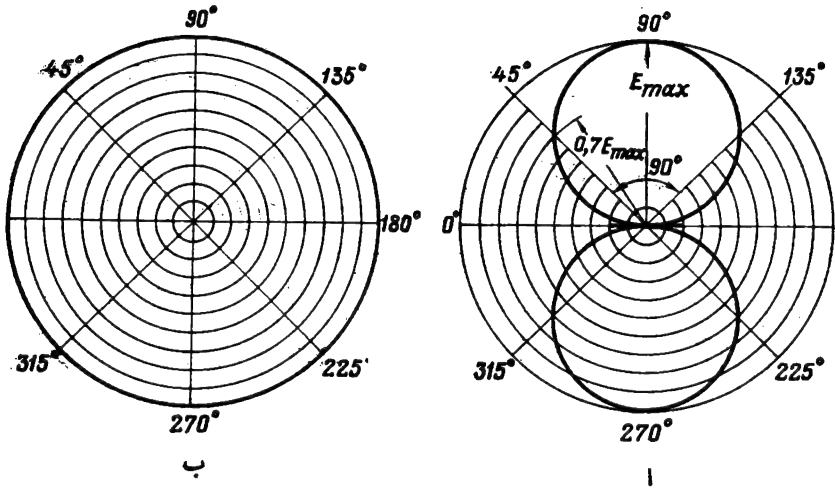
ويتم استقبال اشارات الاذاعة التلفزيونية العاملة فى مدى الموجات المترية ( ١,٣ - ٦,٢ م ) بواسطة الديبولات (الهوائيات الثنائية القطب ) البسيطة او الديبولات المطوية . وتستخدم الديبولات كهوائيات مستقلة او كعناصر تؤلف هوائيات معقدة .

وتستعمل منظومات الارجال على الموجات الدقيقة فى الغالب هوائيات ذات عواكس قطعية مكافئة ( على شكل اطباق ) .

### البند ١٢ - ٢ بارامترات الهوائيات

( ١ ) معاوقة الهوائى : تتوقف على توزيع التيار والجهد فى اسلاكه ، وتحدد بنوع الهوائى ونقطة توصيل خط التغذية اليه . وتتميز الانواع المختلفة للهوائيات التلفزيونية بمعاوقات تتراوح بين ١٥ و ٦٠٠ أوم أو أكثر . ومن المهم جدا معرفة معاوقة الهوائى من اجل توفيقه مع خط التغذية .

(٢) اتجاهية الهوائى : تتحدد بنمط الاتجاهية فى كل من المستويين الافقى والرأسى ، وهو يمثل عادة بالاحداثيات القطبية . ويمكن التعبير عن الاستجابة الاتجاهية للهوائى بعرض نمط الاتجاهية والكسب الاتجاهى . ويعرف عرض نمط الاتجاهية بأنه عبارة عن الزاوية المحصورة بين المستقيمين المرسومين من مركز نمط الاتجاهية الى نقطتين تقعان على هذا النمط وتناظران نصف القدرة القصوى او  $0.7E_{max}$  ، كما موضح بالشكل ١٢ - ١ .



الشكل ١٢ - ١ . نمط اتجاهية الديبول نصف الموجى فى المستويين الافقى (أ) والرأسى (ب)

اما الكسب الاتجاهى ، فهو يبين عدد المرات التى ينبغى بها رفع قدرة الاشعاع حتى نحصل على نفس مستوى الاشارة فى نقطة الاستقبال عند استبدال الهوائى الاتجاهى بهوائى غير اتجاهى .

(٣) عرض نطاق الهوائى : هو النطاق الترددى الذى تهبط القدرة المستقبلية ( او المشعة ) عند حافتيه حتى نصف قيمتها القصوى . وينبغى ان يكون عرض نطاق الهوائى مساويا على الاقل عرض قناة تلفزيونية واحدة ( ٨ ميگاهرتز ) ، لئلا تتعرض الاشارة الى تشويهاات ترددية تؤدى الى فقد بيان تفاصيل الصورة .

ومما يحدد من عرض نطاق الهوائى عدم ثبات معاوقته عند تغير التردد ، وما ينجم عنه من اختلال فى التوفيق بين الهوائى وخط التغذية ، بالإضافة الى تشوهات نمط الاتجاهية .

وتتصف الهوائيات المؤلفة من عدة ديبولات رنانة مقرنة بعضها ببعض ، بأن عرض نطاقها الترددى اقل من عرض نطاق كل ديبول فعال على حدة .

### البند ١٢ - ٣ خطوط التغذية

ان زيادة مدى ارسال الاشارات التلفزيونية ( على خط النظر ) تتطلب تركيب هوائيات الارسال والاستقبال على اعلى ارتفاعات ممكنة ، مما يجعل من الضرورى جدا استخدام خطوط تغذية ( نقل ) مناسبة لتوصيلها بأجهزة الارسال والاستقبال .

وتتم تغذية هوائيات الموجات المترية ( VHF ) بالخطوط المحورية غالبا والخطوط المزدوجة المتوازنة احيانا . وتمتاز الخطوط المحورية بأنه يمكن تمريرها داخل الانابيب المعدنية والجدران المبنية من الخرسانة المسلحة والقضبان المعدنية وما الى ذلك بدون اساءة الى ادائها . ومما تتميز به شبكات الهوائيات الجماعية فى الاتحاد السوفييتى انها تستخدم خطوط التغذية المحورية فقط . وتصنع الخطوط المحورية المخصصة لنقل القدرات العالية ( فى محطات الارسال ) على شكل انابيب متحدة المحاور ذات حلقات عازلة من مواد ممتازة العزل ، بينما تكون الخطوط المحورية المستعملة لنقل القدرات المنخفضة ( للاستقبال ) على شكل كوابل قابلة للانشاء ذات عوازل مصممة من البوليثيلين والبلاستيك الفلورى وغيرهما من المواد العازلة الجيدة النوعية . اما الخطوط المزدوجة المتوازنة ، فلا تستخدم فى الاتحاد السوفييتى الا نادرا فى حالات استعمال الهوائيات الفردية فى الاماكن التى تكون فيها نسبة الاشارة الى الضوضاء مرتفعة . ويتألف الخط المتوازن من سلكين متوازيين ، يثبتان بواسطة مادة عازلة جيدة النوعية ، بحيث يبعد كل منهما عن الآخر بعدا محددا تماما ( اقل كثيرا من طول الموجة ) .

وتحدد مميزات وبارامترات خطوط التغذية استنادا الى نظرية خطوط النقل .

ونعلم من هذه النظرية انه عندما توصل قوة دافعة كهربائية مترددة الى دخل خط نقل طويل تنتشر فيه موجتا تيار وجهد . واذا كان خط النقل لانهاى الطول ، فان الموجة الكهرمغناطيسية التى تنتشر فيه تكون عبارة عن « موجة متنقلة » . وتسمى معاوقة دخل الخط فى هذه الحالة بالمعاوقة المميزة ، وهى تساوى :

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (12.1)$$

حيث  $L$  و  $C$  هما محاثية وسعة خط النقل ( كله أو جزء منه كوحدة الطول مثلا) . وطالما ان محاثية الخط وسعته تعتمدان على ابعاده الهندسية ، فمن الممكن ان نعبر عن معاوقته المميزة بمدلول تلك الابعاد .  
وتحدد المعاوقة المميزة للخط المحورى بالعلاقة :

$$\rho = \frac{138}{\sqrt{\epsilon}} \lg \frac{D}{d} \quad (12.2)$$

حيث  $\epsilon$  هو ثابت عزل المادة المستخدمة فى الخط المحورى ، وهو يساوى ٢,٣ اذا كان الخط مملوءا بالبولىثيلين المصمت ، و ١,٤٦ اذا كان مملوءا جزئيا بالبولىثيلين وجزئيا بالهواء ، و ٢ اذا كان مملوءا بالبلاستيك القلورى . اما  $D$  ، فهو القطر الداخلى للموصل الخارجى الانبوبى ( او المضفر ) ، بينما  $d$  هو قطر الموصل الداخلى ( المركزى ) .  
وتحدد المعاوقة المميزة للخط المزدوج المتوازن بالعلاقة :

$$\rho = \frac{276}{\sqrt{\epsilon}} \lg \frac{D}{r} \quad (12.3)$$

حيث  $r$  هو نصف قطر كل من سلكى الخط ، بينما  $D$  هو البعد بين محورى السلكين . وتصح العلاقة الاخيرة اذا كان  $D \gg r$  .

وعند استخدام خط النقل كخط تغذية يوصل الطاقة التى يحصل عليها هوائى الاستقبال الى جهاز الاستقبال ، يمكن اعتبار الهوائى كمولد وخط

التغذية كحمل له . وكما معروف ، يأخذ الحمل اكبر قدرة من المولد ، اذا كانت معاوقته مساوية للمعاوقة الداخلية للمولد . وهكذا يحصل خط التغذية على اكبر قدرة ، اذا كانت معاوقته المميزة (  $p$  ) مساوية لمعاوقة الهوائى (  $Z_A$  ) .

ويتميز خط النقل ذو الطول المحدود بأنه يظل يعمل فى حالة الموجة المتنقلة ويبقى ادائه كأداء الخط اللانهائى ، اذا وصلت نهايته بمعاوقة ( حمل )  $Z_L$  مساوية للمعاوقة للمميزة للخط .  
وتتناقص الفلطة المقاسة فى نقط مختلفة من خط النقل كدالة اسية للبعد عن بداية الخط :

$$U_l = U_0 e^{-\beta l} \quad (12.4)$$

حيث  $U_0$  هو اتساع فلطية دخل الخط ،  
 $U_l$  هو اتساع الفلطة فى النقطة التى تبعد عن الدخل بعدا قدره  $l$  ،  
 $e$  هو اساس اللوغاريتمات الطبيعية (  $e \approx 2.7$  ) ؛  
 $\beta$  هو معامل التوهين او التوهين فى وحدة الطول ، وهو يقاس بالنبر .  
وطالما ان القدرة تتناسب مع مربع الفلطة ، فهى تتناقص كدالة ذات اس مضاعف ، اى اذا كانت القدرة فى بداية الخط هى  $P_0$  والقدرة على البعد  $l$  هى  $P_l$  ، فان :

$$P_l = P_0 e^{-2\beta l} \quad (12.5)$$

واذا افترضنا ان طول الخط كله هو  $l$  ، فان كفايته ( فعالته ) تساوى :

$$\eta = \frac{P_l}{P_0} = e^{-2\beta l} \quad (12.6)$$

وتزداد المفقودات فى الكوابل ، كلما زاد التردد ، فيزداد التوهين فيها ، ومن ثم تقل كفايتها ، مما يحد من امكانية استخدامها عند الترددات العالية نسبيا .

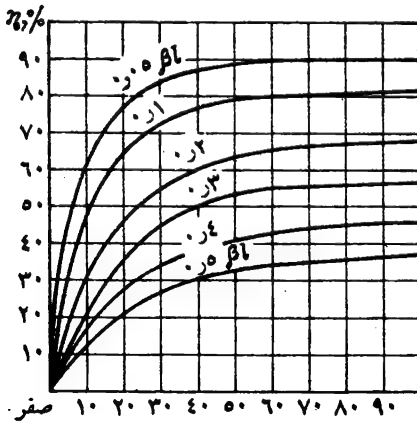
وتنتشر الطاقة الكهرومغناطيسية فى الكابل المحورى المملوء بمادة عازلة ذات معامل عزل  $\epsilon$  اكبر من الواحد الصحيح بسرعة  $v$  اقل من سرعة انتشارها



فى الفضاء الحر او سرعة الضوء  $c$  وتساوى  $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$  . وهكذا يكون طول الموجة فى الكابل اقل من طولها فى الفراغ او الهواء بـ  $\sqrt{\epsilon}$  مرة .  
 واذا كان خط النقل منتهيا بمعاوقة  $Z_L$  لا تساوى المعاوقة المميزة  $p$  ، فان جزءا من الطاقة الواردة الى المعاوقة  $Z_L$  ينعكس عنها الى الخلف عائدا الى دخل الخط . وتسمى نسبة فلتبية الموجة المنعكسة الخلفية  $U_b$  الى فلتبية الموجة الامامية  $U_f$  معامل الانعكاس :  $p = \frac{U_b}{U_f}$  . وينجم عن جمع الموجة الامامية والموجة الخلفية ان تشكل التموجات السمامة بالموجات المستقرة . وفى هذه الحالة يتغير اتساع الفلتبية على طول الخط تغيرا دوريا بين قيمة قصوى  $U_{max}$  وقيمة دنيا  $U_{min}$  خلافا لحالة الموجة المتنقلة .  
 وتدعى النسبة  $k = \frac{U_{min}}{U_{max}}$  نسبة الموجة المتنقلة ، وهى تميز درجة التوفيق بين خط التغذية والمعاوقة الطرفية .  
 ويمكن تحديد معامل الانعكاس  $p$  من العلاقة :

$$p = \frac{1-k}{1+k} \quad (12.7)$$

وعندما تسوء حالة التوفيق بين خط النقل ومعاوقة الحمل ( عند زيادة اختلاف  $p$  و  $Z_L$  وانقاص  $k$  ) يزداد فقد الطاقة فى الخط ، فتقل كفايته ،



الشكل ١٢-٢ . العلاقة بين كفاية التغذية  $\eta$  ونسبة الموجة المتنقلة  $R$  عند قيم مختلفة للتوهين  $Bl$

كما بين فى الشكل ١٢-٢ .  
 وعلى هذا النحو ، يحصل جهاز الاستقبال الموصل بخط التغذية على اكبر قدرة عند توفيق نهايتى الخط ، اى عندما  $p = Z_L$  ،  $Z_A = p$  . ولكن حتى فى هذه الحالة ( كما فى حالة اى مولد ) لا ينقل خط التغذية من الهوائى الا نصف قدرة الموجة التى يستقبلها . ويضيع

النصف الآخر من القدرة فى المقاومة الداخلية للهوائى ، اى يشعه الهوائى الى الفضاء المحيط به .

واذا كانت معاوقة الهوائى لا تساوى المعاوقة المميزة لخط التغذية  $(Z_A \neq p)$  ، فان الخط يعكس جزءا من القدرة الواردة من الهوائى ، ومن ثم تزداد نسبة القدرة المشعة من جديد الى الهواء .

وفى حالة عدم التوفيق بين خط التغذية وكل من الهوائى وجهاز الاستقبال ( اى عندما  $Z_A \neq p \neq Z_L$  ) ، لا تنقص القدرة الواردة الى جهاز الاستقبال فحسب ، بل تحدث ايضا ظاهرة مزعجة اخرى . فعندئذ ينعكس عن جهاز الاستقبال جزء من القدرة التى ينقلها اليه خط التغذية ويعود الى الهوائى ، حيث ينعكس جزئيا متجها ثانية الى جهاز الاستقبال . وينجم عن ذلك ان تظهر الى جانب الصورة الاساسية صورة ( او عدة صوره ) اضافية متزاحة عنها بمسافة تناظر الوقت اللازم لسير الاشارة من جهاز الاستقبال الى الهوائى والعودة منه . وتعتبر الصورة الاضافية صدى للصورة الاصلية وتبدو كالشبح . ومن اجل ازالة الصدى او الشبح ، ولزيادة القدرة الواصلة الى جهاز الاستقبال ، ينبغى ان يتم التوفيق الجيد بين خط التغذية وكل من الهوائى وجهاز الاستقبال .

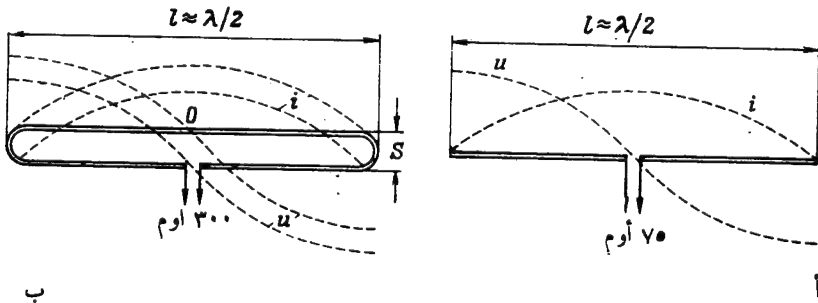
ويستخدم خط النقل احيانا فى حالة دائرة قصر  $(Z_L = 0)$  او دائرة مفتوحة  $(Z_L = \infty)$  . وعندئذ تكون معاوقة دخله كبيرة جدا او صغيرة جدا تبعا لنسبة طوله الى طول الموجة . واذا كان الخط مثاليا ، اى اذا لم يوجد فيه فقد ، فان معاوقة دخله تتغير بين  $-\infty$  و  $+\infty$  ، كما موضح بالجدول ١٢ - ١ .

## البند ١٢ - ٤ هوائيات الموجات المترية

( ١ ) الديبول نصف الموجى : يتكون الديبول ( الهوائى ثنائى القطب ) من قضيب او انبوب او سلك معدنى ، يختار طوله مساويا تقريبا نصف الطول الموجى . ويقص القضيب او السلك فى منتصفه ليوصل اليه خط التغذية .

معاوقة الدخول	طول الخط $l$	
	مفتوح الدائرة	مقصر الدائرة
مفاعلة حثية	$\frac{\lambda}{4} < l < \frac{\lambda}{2}$	$l < \frac{\lambda}{4}$
تساوى اللانهاية (يعمل الخط كدائرة تواز مولفة على الرنين)	$l = \frac{\lambda}{2}$	$l = \frac{\lambda}{4}$
مفاعلة سمية	$l < \frac{\lambda}{4}$	$\frac{\lambda}{4} < l < \frac{\lambda}{2}$
تساوى الصفر (يعمل الخط كدائرة توال مولفة على الرنين)	$l = \frac{\lambda}{4}$	$l = \frac{\lambda}{2}$

وبين الشكل ١٢ - ٣ - أ توزيع التيار والفلطية في الديبول نصف الموجى . وكما نلاحظ من الشكل ، يتكون في مكان توصيل خط التغذية بطن ( قيمة قصوى ) للتيار وعقدة ( صفر ) للفلطية .



الشكل ١٢ - ٣ : الديبول نصف الموجى البسيط (أ) والمطوى (ب)

ويتميز الديبول الموضوع افقيا بأن نمط اتجاہيته فى المستوى الافقى يكون على شكل الرقم 8 بعرض يساوى ٩٠° ( الشكل ١٢ - ١ - أ ) ، بينما يكون نمط اتجاہيته فى المستوى الرأسى العمودى على محوره الطولانى عبارة عن دائرة ( الشكل ١٢ - ١ - ب ) وكما سبق ان اشرنا ، ينبغى ان يكون

طول الديبول مساويا تقريبا نصف طول الموجة المطلوب استقبالها . ويتحدد طولها  $l$  بدقة تبعا لقطره  $d$  والطول الموجى  $\lambda$  حسب العلاقة :

$$l = \frac{\lambda}{2} \left( 1 - \frac{\Delta\%}{100} \right) \quad (12.8)$$

حيث  $\Delta\%$  عبارة عن « معامل التقصير » الذى يمكن ايجاده من الشكل ١٢ - ٤ .

وعندما يكون طول الديبول محققا للعلاقة (12.8) ، نجده مولفا بدقة على الطول الموجى ، وتكون معاوقته عبارة عن مقاومة بحثة تساوى ٧٥ - ٧٠ أوم .

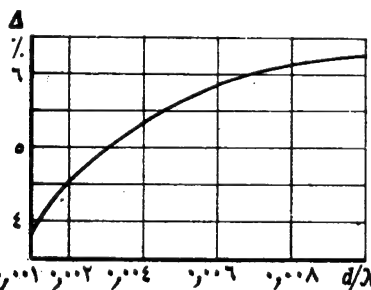
ويزداد عرض نطاق الديبول ، كلما زاد قطره ، ولذا يصنع من انابيب كبيرة القطر نسبيا .

٢) الديبول المطوى نصف الموجى : يتألف الديبول المطوى من ديبولين بسيطين ، طول كل منهما يساوى نصف الطول الموجى ، والبعد

بينهما صغير لدرجة كافية . وتوصل اطراف الديبولين ، ويقص احدهما فى منتصفه ليوصل اليه خط التغذية ، كما موضح بالشكل ١٢ - ٣ - ب .

ويكافئ الديبول المطوى بأغلب خواصه (الكسب ونمط الاتجاهية وما الى ذلك) تقريبا الديبول البسيط ، ويتميز عنه اساسا باعتبارات تصميمية.

ومن مزاياه مثلا انه توجد فى منتصفه نقطة 0 صفرية الجهد ، فيمكن تثبيته فى هذه النقطة بدون عوازل ، وبذلك تتم حمايته من الصواعة وتحسن متانته الميكانيكية بطريقة بسيطة نسبيا .



الشكل ١٢ - ٤ . العلاقة بين « معامل تقصير » الديبول ونسبة قطره الى الطول الموجى

ومما يتميز به الديبول المطوى ان فلطية خرجة ( $U$ ) اكبر مرتين من فلطية خرج الديبول البسيط ( $U_1$ ) ، لأن فلطية خرج الديبول المطوى تساوى مجموع الفلطييتين اللتين تستحثهما الموجة المستقبلة فى كل من الديبولين

البسيطين المكونين له . ولكن القدرة التي يستقبلها الديبول المطوى (P) تساوى القدرة التي يستقبلها الديبول البسيط بمفرده (P<sub>1</sub>) . وبذلك تكون مقاومة الديبول المطوى (R) اكبر اربع مرات من مقاومة الديبول البسيط (R<sub>1</sub>) ، طالما ان  $P = \frac{U^2}{R}$  ،  $P_1 = \frac{U_1^2}{R_1}$  ، ومن ثم :

$$R = \frac{U^2}{U_1^2} \cdot R_1 = 4 R_1$$

وعلى هذا النحو ، اذا اعتبرنا ان معاوقة الديبول البسيط تساوي ٧٥ اوم ، فان معاوقة الديبول المطوى تساوي ٣٠٠ أوم .

ويمتاز الديبول المطوى ايضا بأن عرض نطاقه الترددى اكبر من عرض نطاق الديبول البسيط المساوى له من حيث القطر ( فى حالة استخدام خط التغذية الامثل لكل منهما ) .

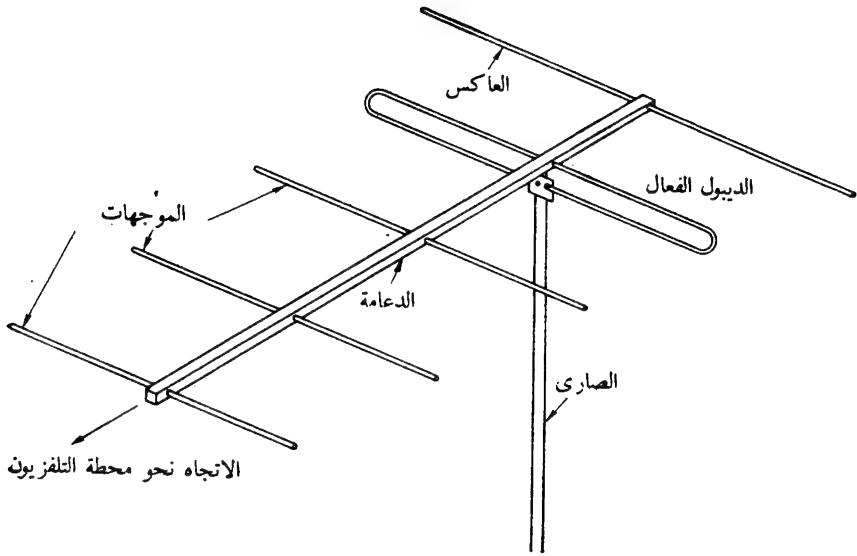
ويمكن حساب طول الديبول المطوى بواسطة العلاقة ( 12.8 ) ايضا اذا استبدلنا القطر بالقطر المكافئ\* :

$$d_{eq} = \sqrt{2} ds \quad (12.9)$$

حيث s هو البعد بين محورى انبوبى الديبول ( انظر الشكل ١٢ - ٣ - ب ) .  
 (٣) هوائى ياجى : ان الديبولين البسيط والمطوى قليلا الاتجاهية والكسب ، ويمكن استخدامهما على بعد لا يتعدى ٣٥ كم من محطة التلفزيون . وفى الاماكن الاكثر بعدا او الاماكن التي يكون فيها مستوى التداخلات مرتفعا ، ينبغى استخدام الهوائيات متعددة العناصر ذات الكسب الاعلى والاتجاهية الافضل . ومن هذه الهوائيات هوائى « ياجى » الذى شاع استعماله على اوسع نطاق .

ويتألف هوائى ياجى ( الشكل ١٢ - ٥ ) من ديبول فعال ( يوصل اليه خط التغذية ) وعدة ديبولات سلبية موازية له . ويقوم الديبول السلبى المثبت من الجهة المعاكسة لاتجاه الاشارة المستقبلية بدور العنصر العاكس ، بينما تعمل الديبولات السلبية الاخرى المثبتة امام الديبول الفعال كعناصر موجهة .

ويتم الحصول على علاقات الطور اللازمة باستخدام ديبول عاكس اطول بنسبة ٥٪ من الديبول الفعال وعناصر موجهة ، طول كل منها اقل بنسبة ٤٪ من طول العنصر السابق له . وتختار المسافات بين عناصر الهوائي بحيث تساوى ١,٢ - ٢,٠ من طول الموجة المطلوب استقبالها .



الشكل ١٢ - ٥ . هوائي ياجى

وتتوقف بارامترات هوائي ياجى على عدد عناصره و اطوالها والمسافات بينها . ويختار تصميمه عادة ، بحيث يكون نطاقه الترددى عريضا لدرجة كافية ، ولو كان ذلك على حساب كسبه او اتجاهيته . ويمكن الحصول على كسب كبير ( من اجل الاستقبال على بعد يزيد عن ١٠٠ كم ) باستخدام صفوف رأسية او افقية من هوائيات ياجى ، على ان يتم توصيل العناصر الفعالة بخطوط تغذية ذات اطوال مناسبة لكي تعمل كلها بطور واحد .

وبين الجدول ١٢ - ٢ البارامترات الكهربائية الاساسية لهوائيات ياجى تبعا لعدد عناصرها .

٤ ) التوفيق والموازنة : ان التوفيق بين خط التغذية والهوائي يتطلب ان تكون معاوقة الهوائي عبارة عن مقاومة بعثة تساوى المعاوقة ( المقاومة ) المميزة لخط التغذية .

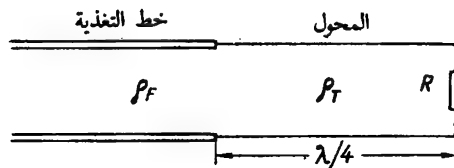
بارامترات الهوائى	الديبول المطوى (عنصر واحد)	العاكس الديبول المطوى (عنصران)	ثلاثى الهوائى ثلاثى	ثنائى الهوائى ثنائى	ثنائى الهوائى ثنائى
كسب القدرة (بالنسبة الى الديبول) زاوية الاتجاهية (فى المستوى الافقى)	١ ٩٠° (من الامام والخلف)	٢,٣-١,٧ ٩٠° (بشكل قلبى)	٤-٢,٩ ٧٠°	٧,٨-٦,٢ ٥٠°	١٢,٣-١١,٥ ٣٥°

فعندما يستخدم الديبول البسيط ذو المعاوقة المساوية تقريبا ٧٠ أوم ، ينبغي استخدام خط التغذية المتوازن ذى المعاوقة ٧٥ أوم ، وعندما يستخدم الديبول المطوى ، ينبغي استخدام الخط المتوازن ذى المعاوقة ٣٠٠ أوم . ويمكن ان يتم التوفيق فى حالة عدم تساوى معاوقة الهوائى والمعاوقة المميزة لخط التغذية بتحويل احدى المعاوقتين بواسطة خط نقل أبتى ربع موجى .

ان معاوقة دخل مثل هذا « المحول » عند تحميله بمقاومة الهوائى  $R$  (الشكل ١٢-٦) تساوى  $Z_m = \frac{p_T^2}{R}$  ، حيث  $p_T$  هى المعاوقة المميزة للخط المحول ربع الموجى .

واذا كانت المعاوقة المميزة لخط التغذية هى  $p_F$  ، فمن الضروري لتوفيقه تحقيق المساواة  $Z_m = p_F$  ، أى  $p_F = \frac{p_T}{R}$  ، ومن ثم :

$$p_T = \sqrt{p_F R} \quad (12.10)$$



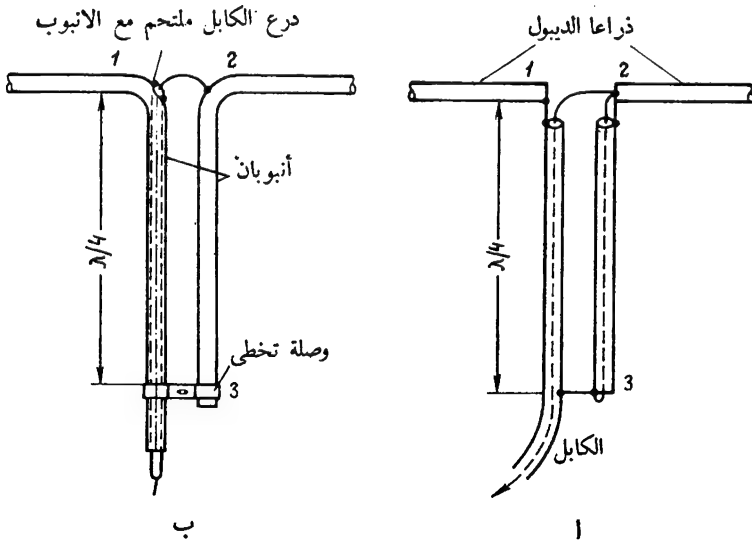
الشكل ١٢ - ٦ . التوفيق بين خط التغذية والحمل (الهوائى) بواسطة خط أبتى ربع موجى

اي ان التوفيق بين الهوائي وخط التغذية يتطلب ان تكون المعاوقة المميزة للمحول (الخط الابتر ربع الموجي) مساوية المتوسط الهندسي للمعاوقة المميزة لخط التغذية ومعاوقة الهوائي .

وعندما يوصل الهوائي المتوازن (الديبول مثلا) بالكابل المحوري غير المتوازن الذي يورث درعه (موصله الخارجى) عادة ، يختل التوازن فى توزيع التيار والفلطية فى الهوائي ، مما يؤدى الى تشويه نمط الاتجاهية ، كما يؤدى الى تسرب التداخلات التى يلتقطها درع الكابل .

ويتم تفادى ذلك باستخدام قطاع ربع موجي من نفس الكابل المحوري، مقصر الدائرة فى كل من نهايتيه ، كما مبين فى الشكل ١٢ - ٧ . وتوصل احدى النهايتين (2) بذراع الديبول الذى يوصل اليه الموصل الداخلى للكابل الاساسى ، بينما توصل النهاية الاخرى (3) بذراع الكابل على بعد قدره  $\frac{\lambda}{4}$  . وهكذا يكون ذراعا الديبول متصلين بالنسبة الى الارض (درع الكابل) اتصالا متشابها تماما ، كما لو انهما موصلان بخط متوازن .

وطالما ان طول قطاع خط النقل المتكون من قطاع درع الكابل الاساسى 1-3 وقطاع الكابل المستخدم للموازنة 2-3 يساوى ربع الطول الموجي ،



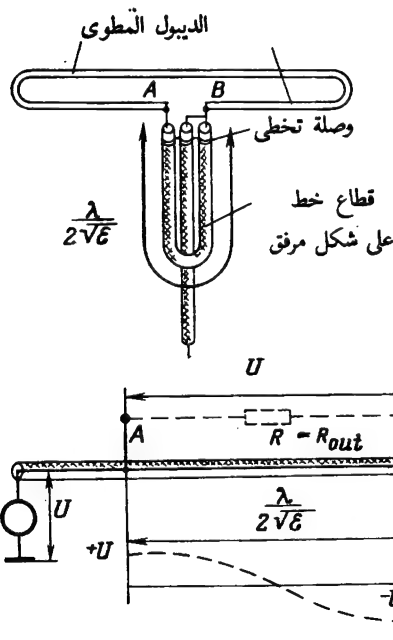
الشكل ١٢ - ٧ . وسيلة لموازنة تغذية الهوائي : أ - طريقة الموازنة ؛ ب - شكل التصميم العملى



لذلك لا يتفرع الى قطاع الكابل 3-2 اى تيار ، فلا يختل التوفيق بين الديبول وخط التغذية .

ومن الانسب عمليا استبدال قطاع الكابل بقطاع ربع موجى من الانبوب الذى يصنع منه الديبول ، كما مبين فى الشكل ١٢-٧-ب . ويضبط طول انبوب الموازنة بتحريك وصلة التخطى ، بحيث يختلف الطول قليلا عن  $\frac{\lambda}{4}$  من اجل تعويض المركبة المفاعلة لمعاوقة الديبول ، وبذلك يتم توفيقه مع خط التغذية بدقة اكبر .

وينبغى احيانا اجراء التوفيق والموازنة فى نفس الوقت ، كما فى حالة توصيل الكابل المحورى غير المتوازن ذى المعاوقة ٧٥ اوم الى الديبول المطوى المتوازن ذى المعاوقة ٣٠٠ اوم . ويتم ذلك مثلا بواسطة قطاع خط محورى نصف موجى مثنى على شكل الحرف U ، كما فى الشكل ١٢-٨ .



الشكل ١٢-٨ . قطاع خط محورى نصف موجى مثنى على شكل الحرف U (الرسم العلوى) والدائرة المكافئة (الرسم السفلى)

وطالما ان طول الموجة فى الكابل المحورى اقل بـ  $\sqrt{\epsilon}$  مرة مما فى الفضاء ، لذلك يختار طول « المرفق U » مساويا  $\frac{\lambda}{2\sqrt{\epsilon}}$  .

ولكى يتم التوفيق ، ينبغى ان تكون معاوقة « المرفق U » بين النقطتين A و B مساوية لمعاوقة الهوائى .

ويمكن تحديد تلك المعاوقة (المقاومة  $R_{AB}$ ) اذا لاحظنا ان الفلطية ( $U_{AB}$ ) بين طرفى « المرفق U » تساوى ضعف فلطية الكابل ( $U_C$ ) باعتباره

يقوم بدور مولد بالنسبة الى « المرفق  $U$  » ، كما موضح بالشكل ١٢-٨-ب .

فاذا اهتملنا المفقودات في « المرفق  $U$  » ، نجد من شرط تساوى قدرة الخرج وقدرة الدخل ان :

$$\frac{U_{AB}^2}{R_{AB}} = \frac{U_C^2}{\rho_C}$$

او

$$\frac{4 U_C^2}{R_{AB}} = \frac{U_C^2}{\rho_C}$$

اى

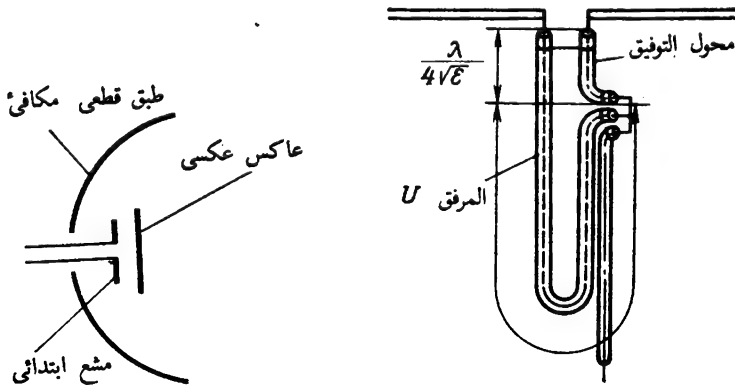
$$R_{AB} = 4 \rho_C \quad (12.11)$$

فعند استخدام الكابل ذى المعاوقة ٧٥ أوم ، تكون معاوقة خرج « المرفق  $U$  » مساوية ٣٠٠ أوم ، وبذلك يتحقق التوفيق والموازنة في حالة الديبول المطوى .

ويتم التوفيق في حالة استخدام الديبول البسيط باضافة محول ربع موجى ، كما موضح بالشكل ١٢-٩ .

### البند ١٢-٥ هوائيات الموجات الدقيقة

تستخدم للارسال والاستقبال التلفزيونى على الموجات الديسيمترية ( ذات الترددات بعد العالية UHF ) هوائيات بشكل اطباق ( صحون ) .



الشكل ١٢-١٠ . هوائى « الطبق »  
القطعى المكافئ\*

الشكل ١٢-٩ . موازنة الديبول نصف  
الموجى البسيط بواسطة « المرفق  $U$  »

ويتألف هوائي الطبق ( الشكل ١٢ - ١٠ ) من « مرآة » معدنية على شكل سطح قطعى مكافىء ومشع ( مغذى ) ابتدائى يوضع فى المركز البؤرى للمرآة . وينبغى احيانا ان تكون المرآة مثقبة من اجل تخفيف تأثير الرياح . ويستخدم كمشع ابتدائى على الموجات الديسيمترية ( UHF ) الديبول نصف الموجى ، بينما يستعمل على الموجات الستيمترية ( SHF ) بوق يوصل اليه الدليل الموجى . ويمكن تحسين اتجاهية هوائي الطبق بوضع قرص عاكس امام المشع الابتدائى .

ويتحدد عرض حزمة اشعاع الهوائى  $\theta$  وكسبه  $G$  بالعلاقين :

$$\theta \approx 65 \frac{\lambda}{d}, \quad G \approx 5 \left( \frac{d}{\lambda} \right)^2 \quad (12.12)$$

حيث  $d$  هو قطر فتحة السطح العاكس ( الطبق ) .

ويعطى هوائى الطبق حزمة شعاعية دقيقة للغاية ، خاصة اذا كان يستخدم فى مدى الموجات الستيمترية ، حيث يمكن جعل النسبة  $\frac{\lambda}{d}$  صغيرة جدا .

ويستعمل هوائى الطبق احيانا للارسال والاستقبال فى نفس الوقت . وفى هذه الحالة يستخدم مشعان متعامدان لارسال او استقبال الاشارات مختلفة القطبية .

وبالاضافة الى الهوائيات القطعية المكافئة ، تستعمل على الموجات الستيمترية هوائيات الابواق او هوائيات الابواق القطعية المكافئة ، بينما تستخدم كخطوط تغذية الدليلات الموجية .

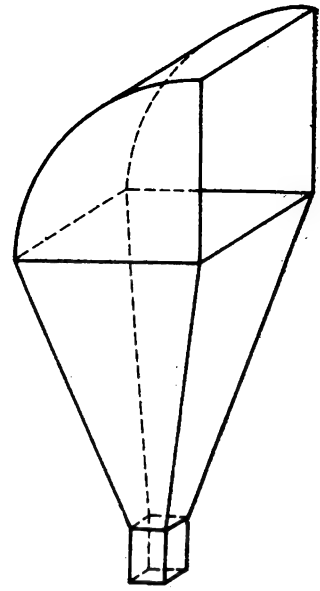
## البند ١٢ - ٦ هوائيات الارسال التلفزيونى

طالما ان استقبال الاشارات التلفزيونية ينبغى ان يكون ممكنا فى جميع الاماكن المحيطة بمحطة التلفزيون على مدى خط النظر ، فمن الضرورى ان يكون نمط اتجاهية هوائيات الارسال دائريا فى المستوى الافقى ، على ان يكون مضغوطة جدا نحو الارض فى المستوى الرأسى . ومن الضرورى ايضا الا يقل عرض نطاق هوائيات الارسال عن ٨ ميجاهرتز ، كما يجب ان تكون

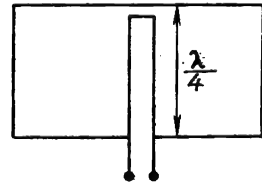
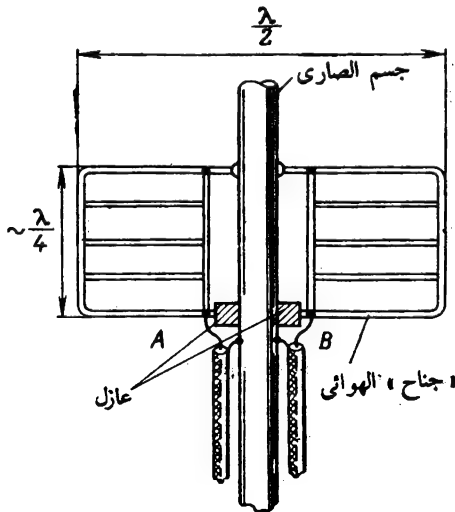
القدرة المتاحة لها كبيرة للدرجة كافية  
(بحيث لا تنشأ تجاوزات في الفلطية تؤدي  
الى ظهور « هالات » على اطراف عناصر  
الهوائيات) .

وينبغي اخيرا تأريض الهوائيات ( اى  
يجب ان تكون عناصرها ذات جهد صفري)  
من اجل حمايتها من الشحنات الاستاتية  
وصدمات الصواعق .

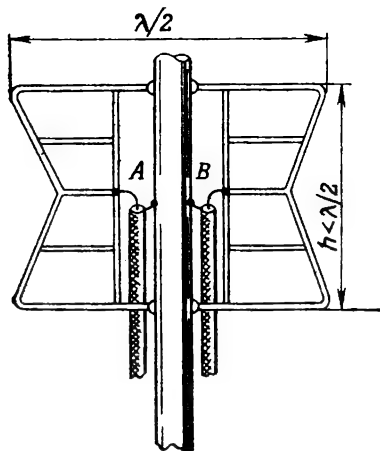
ويمكن الحصول على نمط اتجاهية  
دائرى فى المستوى الافقى واتجاهية صفرى  
فى الاتجاه الرأسى باستخدام صفوف من  
هوائيات على شكل الحواجز الدوارة . ويبين  
الشكل ١٢ - ١١ مبدأ عمل مثل هذه  
الهوائيات . وهنا يتم الحصول على نمط  
الاتجاهية الدائرى بتوصيل ديپولين متعامدين بخطى تغذية يختلفان من حيث  
الطول بقدر ربع الطول الموجى ليعطيان فرقا فى الطور يساوى  $90^\circ$  .



الشكل ١٢ - ١١ . هوائى على  
شكل الحاجز الدوار



الشكل ١٢ - ١٢ . هوائى براودى والدائرة المكافئة له



الشكل ١٢-١٣ . هوائى على شكل جناحى الخفاش

ولكى تكون القدرة المتاحة للهوائيات ( بدون تجاوزات فى الفلطة ) كبيرة لدرجة كافية ، ينبغي ان تكون عناصرها كبيرة القطر ومدورة الاطراف . وكما نعلم من الهندسة الكهربائية ، يتمتع القضيب الاسطوانى بسعة مساوية لسعة اللوح الرقيق ذى العرض المساوى لضعف القضيب ، ومن ثم يمكن استبدال الديبولات الاسطوانية بديبولات مستوية . ولكن الهوائيات المستوية شديدة التأثير بالرياح ، ولذا

تستبدل اللوح المستوية بصفوف مستوية من الانابيب .

وبين الشكل ١٢-١٢ على سبيل المثال هوائى « براودى » الذى ينتمى الى هوائيات « الحواجز الدوارة » ، و عيه يكمن فى ضرورة استخدام عوازل لتثبيت الطرفين السفليين لجناحى الهوائى .

وبين الشكل ١٢-١٣ هوائيا على شكل جناحى الخفاش ( على شكل الحرف الروسى « جى » Ж ) ، يتألف من هوائيين من هوائيات براودى متصلين فى النقطتين A و B . ويمتاز هذا التصميم بأن جناحى الهوائى مثبتان على الصارى بدون عوازل .

ولا تستخدم هوائيات « الحواجز الدوارة » لقنوتات كثيرة ، لأن من الصعب تركيبها جميعا على الحامل بمتانة كافية .

وتستعمل محطات التلفزيون المتعددة البرامج هوائيات مؤلفة من ديبولات او سياط ( موجهة قطريا ) نصف موجية او موجية توزع على محيط الحامل .

## اجهزة الاستقبال التلفزيوني

البند ١٣ - ١ وصف عام لاجهزة الاستقبال التلفزيوني

( ١ ) وظائف جهاز الاستقبال التلفزيوني . ان جهاز الاستقبال التلفزيوني من الطراز الاذاعي ( جهاز التلفزيون ) يجب ان يؤدي الوظائف التالية :

١ - استقبال اشارتي الصورة والصوت اللاسلكيتين ؛

٢ - تكبير هاتين الاشارتين ؛

٣ - فصلهما ؛

٤ - كشف كل منهما ؛

٥ - تكبير الاشارة الصورية بالقدر الذي يتطلبه انبوب الصورة وتكبير

الاشارة السمعية بالقدر اللازم للمجهر ؛

٦ - فصل نبضات التزامن الافقية والرأسية عن الاشارة الصورية

وتمييز بعضها عن بعض ؛

٧ - توليد تيارات سن منشار مترامنة مع نبضات التزامن لتأمين الحركة

الضرورية للشعاع الالكتروني على شاشة انبوب الصورة ( المسح ) ؛

٨ - تحويل الاشارة الصورية المستقبلية الى صورة مرئية وتحويل الاشارة

السمعية الى صوت ؛

٩ - تأمين تغذية جميع دوائر الصمامات وانبوب الصورة .

ومن اجل اداء كل تلك الوظائف ينبغي ان يشتمل جهاز الاستقبال

على الوحدات والدوائر المناظرة .

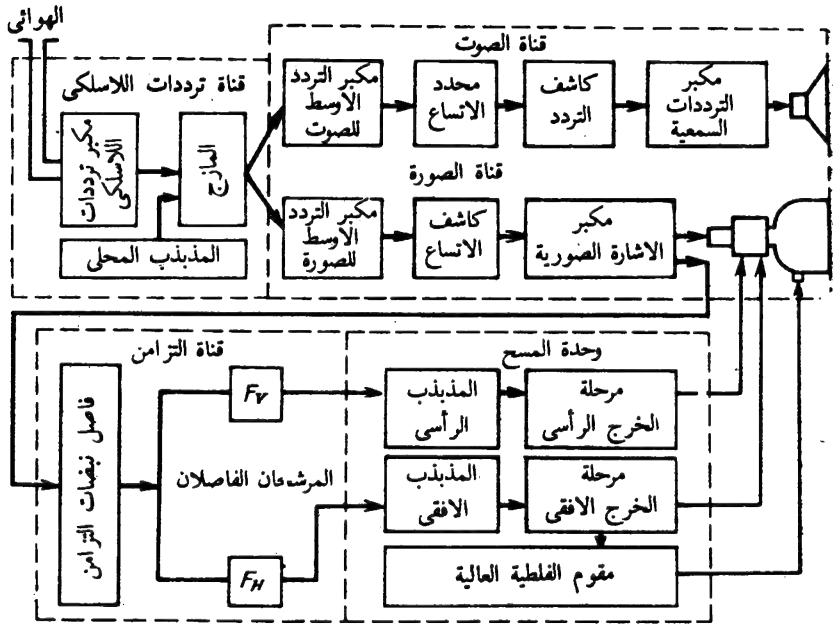
( ٢ ) الرسم التخطيطي لمراحل جهاز الاستقبال التلفزيوني . يمكن تصميم

اجهزة الاستقبال التلفزيوني بطريقة الاستقبال المباشر او بطريقة السوبرهترودين

( التضارب الفوقي ) .

وتتماز اجهزة السوبرهترودين بحساسية اعلى وانتقائية افضل ، كما تتميز بسهولة تغيير توليفها من موجة الى موجة . ولذلك ، ادى ازدياد عدد محطات التلفزيون وعدد برامج الاذاعة التلفزيونية الى ايقاف انتاج اجهزة الاستقبال المباشر .

لنتأمل الرسم التخطيطي لمراحل جهاز الاستقبال التلفزيوني السوبرهتروديني الذي ظل يعتبر نموذجا سنوات عديدة ( الشكل ١٣ - ١ ) .



الشكل ١٣ - ١ . الرسم التخطيطي لجهاز الاستقبال التلفزيوني المصمم بطريقة « الصوت المنفصل »

ان اشارتى الصورة والصوت اللتين يلتقطهما الهوائي تدخلان الى مكبر ترددات اللاسلكى ( RF ) ، حيث يجرى تكبيرهما وفصلهما عن الاشارات الدخيلة ، ثم يقوم المازج بمزجهما مع ذبذبات المذبذب المحلى لتحويل تردديهما الى ترددين اوسطين ( IF ) ، وبعد ذلك يتم تكبيرهما بقناتين منفصلتين .

وتكبر اشارة الصورة الخارجة من المازج بمكبر التردد الاوسط للصورة ، ثم يتم كشفهما بواسطة كاشف الاتساع . وتوصل الاشارة الصورية الخارجة من

الكاشف الى المكبر الصورى الذى تسلط من خرجه على الكترود تحكم أنبوب الصورة ، كما تنقل ايضا الى قناة التزامن .

وتتكون قناة التزامن من فاصل اشارات التزامن والمرشحين الفاصلين لنبضات التزامن الافقية والرأسية .

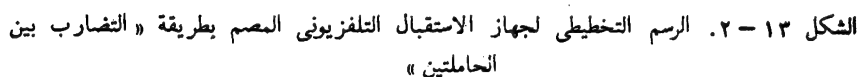
وتسلط النبضات الخارجة من قناة التزامن على وحدة المسح .  
اما قناة الصوت ، فهى تشمل على مكبر التردد الاوسط للصوت ، ومحدد الاتساع ، وكاشف التردد ( طالما ان الصوت يرسل فى الاذاعة التلفزيونية بطريقة تعديل التردد ) ، ومكبر الترددات السمعية الذى يحفز المجهار .

وتتصف الطريقة التى سبق وصفها بعبء هام ، وهو قلة استقرار استقبال الصوت المصاحب للصورة . وينجم هذا العيب عن ان التغيرات العشوائية فى فلتية منع القدرة والظروف المحيطة يمكن ان تسبب تغيرا كبيرا فى تردد المذبذب المحلى ، ويتغير التردد الاوسط تغيرا مماثلا بالقيمة المطلقة واكبر كثير نسبيا ، فيختل توليف مكبر التردد الاوسط ، وبذلك تشوه الاشارة التى يجرى تكبيرها . ونظرا لأن عرض نطاق مكبر التردد الاوسط للصوت اقل كثيرا من عرض نطاق مكبر التردد الاوسط للصورة ، فان اشارة الصوت تشوه اكثر بكثير عند اختلال التوليف بنفس المقدار . ويلاحظ اختلال التوليف وتشوه اشارة الصوت بشدة خصوصا على القنوات التلفزيونية ذات الترددات الاعلى ( اعلى من ١٠٠ ميگاهرتز ) . ولذلك تصمم اجهزة الاستقبال التلفزيونى العصرية بطريقة مختلفة نوعا ما ، حسب الرسم التخطيطى المبين بالشكل ١٣ - ٢ . وتميز هذه الطريقة بأن اشارة الصوت المصاحب للصورة تمر مع اشارة الصورة بقناة مشتركة ( هى اساسا قناة الصورة ) . وفى هذه الحالة يؤدى تضارب الموجتين الحاملتين للصورة والصوت فى الكاشف الصورى الى ان يظهر فى خرج الكاشف التردد الفرقى الذى يساوى فى المتوسط ٦,٥ ميگاهرتز \* .

---

\* هذا فى النظام التلفزيونى السوفيتى ، بينما هو ٥,٥ ميگاهرتز فى النظام الاوروبى الغربى ( المترجم ) .





ومع ان المكبر الصورى يصمم عادة لتكبير نطاق عرضه حوالى ٦  
ميجاهرتز ، نجد انه يعطى بعض الكسب ايضا لدى التردد التضاربى ٦,٥  
ميجاهرتز . ومن الاشارة العامة يتم فصل الاشارة ذات التردد التضاربى من  
خرج المكبر الصورى بواسطة دائرة رنين ، ثم تمرر من خلال محدد يعمل  
على كبت تعديل الاتساع . وبعد ذلك يتم كشف تعديل التردد بواسطة  
كاشف التردد الذى تسلط الاشارة السمعية من خروجه على المكبر السمعى .  
وتمتاز الاجهزة التى تعمل بطريقة التضارب بين الموجتين الحاملتين  
للصورة والصوت ( الاجهزة ذات القناة المشتركة ) بأن انسياق تردد المذبذب  
المحلى وتغير الترددين الاوسطين للصورة والصوت الناجم عنه لا يؤدى الى تشويه

اشارتى الصورة والصوت تشويها ملحوظا ، طالما ان هاتين الاشارتين تكبران بمكبر عريض النطاق ، بالاضافة الى ان التردد التضاربى ( ٦,٥ ميگاهرتز ) يبقى ثابتا ، لأنه يتحدد بالفرق بين ترددى جهازى ارسال الصورة والصوت اللذين تضمن استقرارهما محطة التلفزيون . وفى هذه الحالة ليس ثمة حاجة لضبط توليف المذبذب المحلى دوريا ، كما يجرى ذلك فى حالة استخدام اجهزة « الصوت المفصل » ( الاجهزة ذات القناتين المنفصلتين ) .

وتمتاز طريقة التضارب بين الموجتين الحاملتين ايضا بأنها تبسط تصميم جهاز التلفزيون نوعا ما ، طالما انها تسمح بالاكتفاء بمرحلة واحدة لتكبير اشارة الصوت لدى التردد الاوسط التضاربى بدلا من استخدام مكبر معقد ذى مرحلتين او ثلاث . اما وحدتا التزامن والمسح ، فهما فى اجهزة « التضارب بين الموجتين الحاملتين » مماثلتان لما فى اجهزة « الصوت المنفصل » .

وتتصف اجهزة « التضارب بين الموجتين الحاملتين » ايضا بعدة عيوب ، منها انه لا يوجد فيها مثل ذلك المؤشر الدقيق لسلامة توليف جهاز التلفزيون ، كالمؤشر الذى يتمثل بجودة الصوت فى اجهزة « الصوت المنفصل » . فعندما ندير ضابط التوليف فى جهاز « التضارب بين الموجتين الحاملتين » ، لا نلاحظ تغيرا فى جودة الصوت ، حتى ولو اختلف التوليف كثيرا . ولذلك لا يمكن ضبط توليف مثل هذا الجهاز ، الا بتوليفه للحصول على احسن صورة لنموذج الاختبار .

ومن العيوب الاخرى لأجهزة « التضارب بين الموجتين الحاملتين » ان من الصعب التخلص من الازيز ذى التردد الرأسى الذى يسمع فيها مع الصوت . ويظهر هذا الازيز نتيجة لعدة اسباب ، منها اولا عدم سلامة عمل المحدد الذى يلغى ( يكبت ) تعديل اتساع الاشارة ذات التردد التضاربى ، وثانيا لاختطية المنحنيات المميزة لتحويل الاتساع فى مراحل التكبير المشتركة ( مكبر التردد الاوسط والمكبر الصورى ) السابقة لمأخذ التردد التضاربى . وينجم عن اللاختطية فى هذه المراحل ان تعدل اشارة التضارب بين الموجتين الحاملتين بالاشارة الصورية تعديلا تردديا طفيفيا ، ولذا يظهر الازيز . ويمكن اضعاف

الازيز على حساب تعقيد الجهاز باستخدام صمامات مرتفعة القدرة في المراحل الاخيرة لمكبر التردد الاوسط وبأخذ الاشارة التضاربية الحاملة للصوت من نقطة منخفضة المستوى وباضافة عدة مراحل لتكبير التردد التضاربي . ولكن كل هذه الاجراءات لا تضمن التخلص من الازيز تماما ، اذ انه يمكن ان يظهر مثلا عند حدوث تغير طارئ في النسبة بين حاملتي الصورة والصوت او عمق التعديل في جهاز الارسال التلفزيوني . ولذلك تدرس الآن امكانيات العودة الى استخدام طريقة « الصوت المنفصل » .

ومن عيوب اجهزة « التضارب بين الموجتين الحاملتين » كذلك عدم امكانية استقبال محطات الاذاعة الصوتية التي تعمل في نفس النطاق الترددي (محطات تعديل التردد FM) ، والبرامج الصوتية للمحطات التلفزيونية ايضا في حالة عدم تشغيل جهاز ارسال الصورة .

### البند ١٣ - ٢ قسم ترددات اللاسلكي

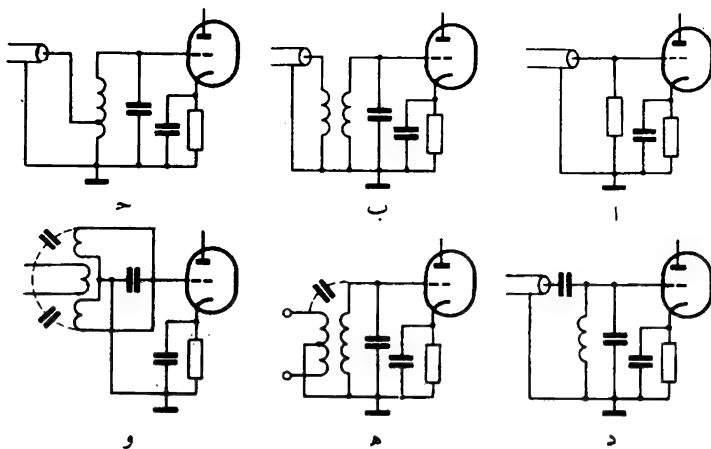
( ١ ) دوائر الدخل : كما سبق ان ذكرنا في الفصل الثاني عشر ، يوصل الهوائي مع دخل جهاز الاستقبال بكابل محوري او خط مزدوج متوازن . ومن الضروري ، كما نعلم ، تلبية المطالبين التاليين :

١ - يجب ان تكون معاوقة دخل جهاز الاستقبال مساوية للمعاوقة المميزة لخط التغذية ، اي ينبغي ، كما يقال ، التوفيق بين دخل جهاز الاستقبال وخط التغذية ؛

٢ - عندما يستخدم خط تغذية متوازن ، يجب ان يكون دخل جهاز الاستقبال متوازنا ايضا .

ويمكن التوفيق بين دخل جهاز الاستقبال وخط التغذية بطريقة بسيطة وموثوقة ، هي ان نستخدم كدائرة دخل لجهاز الاستقبال مقاومة اومية مساوية للمعاوقة المميزة لخط التغذية ( الشكل ١٣ - ٣ - أ ) .

وتكون عملية التوفيق بين دخل جهاز الاستقبال وخط التغذية اكثر تعقيدا ، اذا كانت دائرة الدخل عبارة عن دائرة رنين مقترنة بخط التغذية



الشكل ١٣ - ٣ . دوائر دخل أجهزة التلفزيون

بواسطة متحول ( الشكل ١٣ - ٣ - ب ) او محاثة مجزأة ( الشكل ١٣ - ٣ - ج ) . ولكن طريقة التوصيل هذه تزيد من الكسب وتحسن الانتقائية . وتستخدم احيانا طريقة التقارن السعوى بين دائرة الرنين وخط التغذية ( الشكل ١٣ - ٣ - د ) .

وفي حالة استعمال خط التغذية المتوازن ، يتم التقارن عادة بواسطة محول حتى يمكن جعل دائرة الدخل متوازنة بتأريض تفرعة منتصف الملف الموصل الى الهوائي ( الشكل ١٣ - ٣ - هـ ) . وينبغي ان تكون السعة بين ملفي المحول اقل ما يمكن لئلا يؤدي عدم توازن دائرة الرنين الى اختلال توازن دائرة الدخل . ويمكن الحصول على توازن كامل باستخدام دائرة رنين ذات ملفين ( الشكل ١٣ - ٣ - و ) .

ولكى يكون بإمكان جهاز التلفزيون ان يستقبل الصورة فى اقصى وأقل الاماكن بعدا عن محطة التلفزيون بدون حدوث تجاوز فى الحفز او تشوه فى الصورة ، يتم تجهيزه عادة بدخلين : دخل اساسى ذو حساسية عظمى ، ودخل اضافى ذو حساسية منخفضة ( اقل ١٠ مرات مثلا ) . ومن الضرورى الا تسبب مقسمات الفلطية المستخدمة لتخفيض الحساسية اى اختلال فى توفيق دوائر الدخل او توازنها ( ان وجد ) .

ويتم توسيع نطاق الترددات التي تمررها دائرة رنين الدخل ودوائر الرنين التي تليها بتوصيل مقاومات صغيرة نسبيا على التوازي معها عادة . ومن اجل زيادة المعاوقات المميزة لدوائر الرنين تختار ساعاتها اقل ما يمكن ، حتى انه كثيرا ما يكتفى بالساعات الشاردة الموجودة حتما ( ساعات الملفات والصمامات والتوصيلات ) .

( ٢ ) مكبر ترددات اللاسلكي : اذا كانت التشويشات الخارجية هي التي تحد من حساسية جهاز الاستقبال والكسب الممكن بلوغه لدي الموجات المتوسطة والقصيرة ، فان تأثير تلك التشويشات غير موجود عمليا في نطاق الموجات شديدة القصر ، ويتحدد الكسب المتاح لدى هذه الموجات اساسا بالضوضاء المتولدة داخل جهاز الاستقبال . وعلى هذا النحو يمكن رفع الكسب في جهاز الاستقبال التلفزيوني الى الحد الذي تظهر عنده على الصورة ضوضاء شديدة نسبيا .

وتتوقف نسبة الاشارة الى الضوضاء في جهاز الاستقبال اساسا على ضوضاء مرحلة التكبير الاولى ، اذ ان الضوضاء التي تضيفها المراحل التي تليها تتناسب عكسيا مع الكسب السابق لها . فاذا كان كسب المرحلة الاولى يساوى ٤ مثلا ، فان الضوضاء التي تضيفها المرحلة التالية تساوى  $\frac{1}{16}$  من ضوضاء المرحلة الاولى . فمن الضروري عمليا ان تؤخذ في الاعتبار ضوضاء المرحلة الاولى فقط ، وفي حالات نادرة ضوضاء المرحلة الثانية ايضا .

وكما سبق ان اشير في الفصل الثالث ، تمتاز الصمامات الثلاثية بأنها افضل انواع الصمامات من حيث الضوضاء ، اذ ان المقاومة المكافئة للضوضاء تكون لديها في حدود ١٠٠ - ١٠٠٠ أوم فقط ، بينما هي عند الصمامات الخماسية ١٠٠٠ - ٣٠٠٠ أوم ، وتبلغ عند الصمامات السداسية والثمانية ١٠٠٠٠ - ١٠٠٠٠٠ أوم .

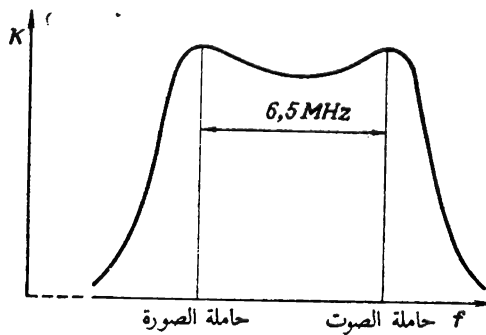
وعندما يعمل الصمام كمازج ، فانه يتمتع بمقاومة مكافئة للضوضاء اكبر بحوالى ٥٠ - ٦٠ % ، مما هي في حالة عمل نفس الصمام كمكبر . وتناسب المقاومة المكافئة للضوضاء لدى كل نوع من انواع الصمامات تناسبا عكسيا مع مواصلته التبادلية . فمن اجل خفض مستوى ضوضاء جهاز

الاستقبال الى اقل ما يمكن ، ينبغي ان نستخدم فى المرحلة الاولى صماما ثلاثيا (او خماسيا) ذا مواصلة تبادلية كبيرة بقدر ما يمكن ، كما ينبغي ان تعمل هذه المرحلة كمكبر . ومن الضرورى ايضا ان نستخدم كمازج صماما ثلاثيا او خماسيا .

وينبغى كذلك ان تكون الترانزستورات المستخدمة لدى الترددات العالية جدا من انواع خاصة ، بحيث تستطيع ان تعطى كسبا كافيا عند اعلى الترددات المطلوب استقبالها ، اى يجب ان يكون ترددها الحدى اعلى كثيرا من ٢٣٠ ميگاهرتز ( اقصى الترددات المستخدمة للارسال التلفزيونى فى مدى الموجات المترية ) . ويجب ان تكون الضوضاء التى يولدها الترانزستور عند ذلك التردد منخفضة المستوى .

ولما كانت الترانزستورات العادية المسماة ترانزستورات الوصلة المسبوكة تعمل عملا مرضيا لدى ترددات لا تزيد عن عشرات الميگاهرتز ، لذلك لم يكن من الممكن استخدام الترانزستورات لتصميم مراحل دخل اجهزة التلفزيون الابدع ظهور انواع جديدة من الترانزستورات قادرة على العمل عند ترددات عالية للدرجة كافية ( ترانزستورات الانتشار و ترانزستورات ميسا و ترانزستورات بلانار ) .

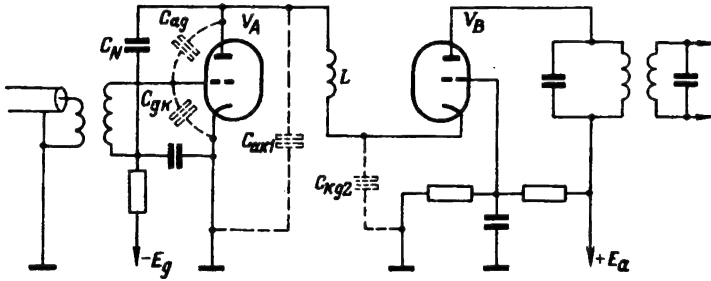
ومما تتميز به مكبرات ترددات اللاسلكى فى اجهزة التلفزيون انه يتم توليفها ، بحيث تقع الموجتان الحاملتان للصورة والصوت عند حافتي الاستجابة الترددية ( الشكل ١٣ - ٤ ) ، خلافا لأجهزة الراديو التى تولف



الشكل ١٣ - ٤ . الاستجابة الترددية لمكبر ترددات اللاسلكى فى جهاز التلفزيون ووضع حاملتي الصورة والصوت

بحيث تكون الموجة الحاملة في منتصف الاستجابة الترددية ( المنحنى الخصائصى الترددى ) . ويفسر ذلك بأن مراحل ترددات اللاسلكى فى اجهزة التلفزيون يجب ان تمرر كلا الموجتين الحاملتين للصورة والصوت ، مع العلم ان اشارة الصورة اللاسلكية ترسل بنطاق جانبى سفلى مكبوت جزئيا . ويتم تكبير ترددات اللاسلكى فى اجهزة التلفزيون العصرية باستخدام دائرة الكاسكود التى تعطى مستوى منخفض من الضوضاء ( راجع الفصل التاسع ) .

وتتكون هذه الدائرة ، كما بين الشكل ١٣ - ٥ ، من مرحلتى تكبير ، احدهما ذات كاثود مؤرض ، والاخرى ذات شبكة مؤرضة بالنسبة الى التيار



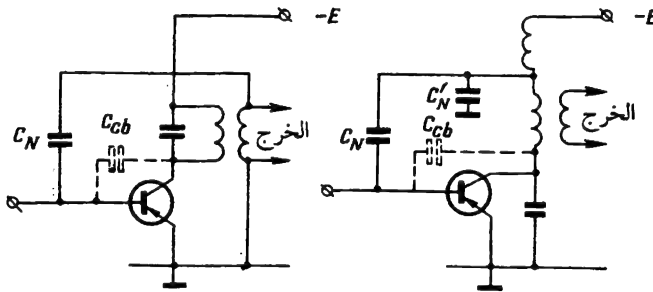
الشكل ١٣ - ٥ . دائرة كاسكود لتكبير ترددات اللاسلكى

المتردد . ومن الضرورى لتلافى الاستثارة الذاتية لمرحلة التكبير ذات الكاثود المؤرض تعويض او معادلة تأثير السعة بين الانود والشبكة  $C_{ag}$  . ويتم ذلك باستخدام مكثف التعادل  $C_N$  وبضبط سعته ، بحيث تتوازن القنطرة التى يؤلفها مع السعات  $C_{ag}$  و  $C_{gk}$  و  $C$  . ويتحقق التوازن عندما  $\frac{C_N}{C} = \frac{C_{ag}}{C_{gk}}$  . وفى هذه الحالة ينعدم تأثير تغير جهد انود الصمام على جهد شبكته .

ويحمل الصمام  $V_A$  بدائرة رنين على شكل الحرف اليونانى  $\Pi$  مكونة من الملف  $L$  والسعتين الداخليتين للصمامين  $C_{ak1}$  و  $C_{kg2}$  . وطالما ان هذه الدائرة متصلة على التوازي مع المقاومة الصغيرة لدخل الصمام الثانى  $V_B$  ذى الشبكة المؤرضة ، لذلك تكون ذات نطاق تمرير واسع جدا يكفى لتمرير اشارات جميع القنوات التلفزيونية الاثنى عشرة عند توليفها على تردد رنين يساوى حوالى ١٧٠ ميغاهرتز .

ويوصل بدائرة انود الصمام الايمن مرشح مزدوج التوليف له استجابة رنينية ذات قمتين. ومن هذه الاستجابة واستجابة دائرة الدخل الوحيدة القمة نحصل على الاستجابة الكلية للمكبر التي تكون كما فى الشكل ١٣ - ٤ . وتصمم مكبرات ترددات اللاسلكى بالترانزستورات بطريقة الباعث المشترك او بطريقة القاعدة المشتركة . وتعتبر هاتان الطريقتان متكافئتين تقريبا برقم المضوضاء ، وتعطيان نفس كسب القدرة تقريبا لدى الترددات العالية للدرجة كافية .

وتمتاز الدائرة ذات الباعث المشترك بكسب اكبر عند الترددات المنخفضة نسبيا ، ولكنها تتضمن تغذية خلفية داخلية بالغة تنجم عن السعة الكبيرة نسبيا بين المجمع والقاعدة . وتزداد هذه التغذية الخلفية ، كلما ارتفع التردد ، ويمكن ان تؤدي الى الاستثارة الذاتية للمكبر ، وتسبب تغيرا فى استجابته وكسبه ، وقد تحدث ظواهر اخرى غير مرغوب فيها ايضا .

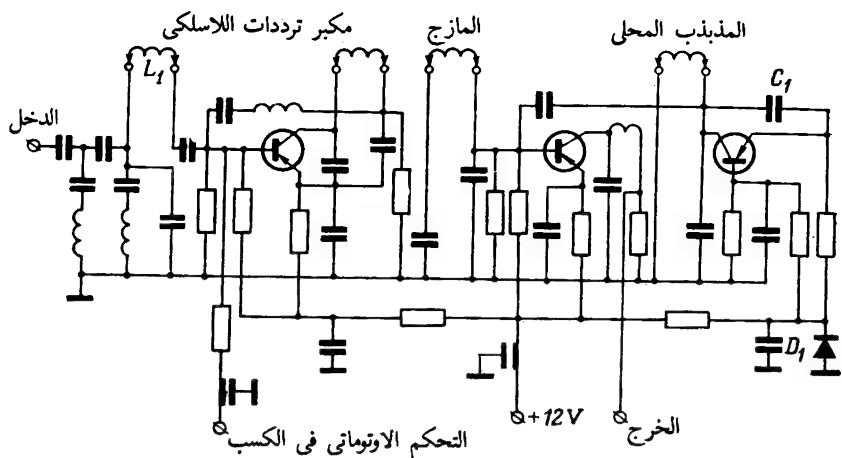


الشكل ١٣ - ٦ . طريقتان لمعادلة التغذية الخلفية المتأصلة فى الترانزستور

ويمكن معادلة السعة بين المجمع والقاعدة بالطريقتين المبينتين بالشكل ١٣ - ٦ وبطرائق اخرى كثيرة . ولكن اختيار مكونات دوائر المعادلة وضبطها يرتبطان بصعوبات جمة ، اذ انه لا يمكن الحصول على تعادل جيد الا فى مدى ترددى ضيق .

ويبين الشكل ١٣ - ٧ على سبيل المثال دائرة قسم ترددات اللاسلكى فى جهاز التلفزيون « يونسى » الذى تستخدم فيه لتكبير ترددات اللاسلكى طريقة الباعث المشترك . وتدخل الاشارة الى المكبر عن طريق الملف  $L_1$





الشكل ١٣ - ٧ . دائرة قسم ترددات اللاسلكي في جهاز تلفزيون من طراز «يونست»

الذى يجرى تبديله عند اختيار القناة . ومن اجل التوفيق بين الجهاز والكابل ، ينبغي ان تكون معاوقة دخل الترانزستور مساوية للمعاوقة المميزة للكابل . يستخدم فى دخل الجهاز مرشح تمرير ترددات مرتفعة ذو تردد قطع يساوى حوالى ٤٠ ميغاهرتز لمنع دخول الاشارات غير المرغوب فيها التى يكون ترددها مساويا للتردد الاوسط او اقل من تردد القناة الاولى . وتختار دائرة خرج مكبر ترددات اللاسلكي مزدوجة التوليف لتحسين الانتقائية بالنسبة الى تردد صورة الاشارة .

(٣) مغير التردد . يتم تغيير التردد عادة بصمامين مستقلين : صمام خماسى او ثلاثى ذو مواصلة تبادلية كبيرة يعمل كمازج ، وصمام ثلاثى يعمل كمذبذب محلى . يستخدم لتغيير التردد صمام واحد ذو قطاعين : ثلاثى خماسى او ثلاثى مزدوج . ويتم مزج الاشارة المستقبلية مع خرج المذبذب المحلى فى اغلب اجهزة التلفزيون بتسليطهما على شبكة واحدة من شبكات المازج . ويختار كمذبذب محلى فى اغلب الحالات مذبذب LC ذو تغذية خلفية سعوية ( مذبذب كولبترز ) . ويمتاز هذا المذبذب بأن تردده لا يعتمد كثيرا على السعات الداخلية بين الكترودات الصمام . ويتم تحسين استقرار التردد باستخدام مكثف ذى معامل حرارى مناسب . ومن اجل الحصول على القيمتين اللازميتين للترددين الاوسطين للصورة والصوت بدقة ، ينبغي ان يكون بالامكان ضبط تردد

المذبذب ضبطا متصلا (بسلاسة) ، ولذا يستخدم مكثف متغير السعة .  
وطالما ان الملامسات الاحتكاكية لمكثفات الضبط لا تعمل عملا مرضيا فوق  
١٠٠ ميغاهرتز ، لذلك يتم ضبط سعة مكثف المذبذب المحلى بتغيير حجم  
الفراغ المملوء بالعازل بين لوحى المكثف .

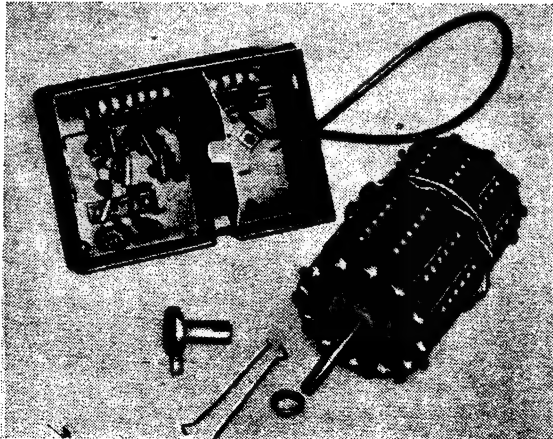
ويختار تردد المذبذب المحلى عادة اعلى من ترددى الموجتين الحاملتين  
للصورة والصوت المراد استقبالهما . ولذلك يكون التردد الاوسط للصورة فوق  
التردد الاوسط للصوت ، مما يسهل الحصول على نطاق ترددى واسع فى مكبر  
التردد الاوسط للصورة ، ويسهل ايضا حماية قناة الصورة من تداخلات محطات  
« صورة الاشارة » ، كما يسهل الحصول على كسب كبير وانتقائية جيدة فى  
قناة الصوت المصاحب .

ويمكن استخدام الترانزستور كمازج بطريقة الباعث المشترك او بطريقة  
القاعدة المشتركة . وتعطى الطريقتان نفس المواصلة التبادلية للتحويل ( لتغيير  
التردد ) . اما ضمان الاستقرار فى عمل المازج ، فهو ليس معقدا كما فى  
مكبر ترددات اللاسلكى ، اذ ان الفرق الكبير بين ترددى اشارتى الدخل والخرج  
يضعف التغذية الخلفية كثيرا . ويمكن تغيير التردد فى المازج الترانزستورى ،  
كما فى المازج الصمامى ، بتسليط فلطيتى الاشارة والمذبذب على الكترود  
واحد (على الباعث فى الدائرة ذات القاعدة المشتركة ، او على القاعدة فى  
الدائرة ذات الباعث المشترك كما فى الشكل ١٣-٧) ، ويمكن ايضا  
بتسليط الفلطيتين على الكترودين مختلفين (تسلط فلطية الاشارة على القاعدة  
وفلطية المذبذب على الباعث فى الدائرة ذات الباعث المشترك ، بينما تسلط  
الاولى على الباعث والثانية على القاعدة فى الدائرة ذات القاعدة المشتركة) .  
ويصمم المذبذب المحلى الترانزستورى ، كالصمامى ، بطريقة التغذية  
الخلفية السعوية (وهى تتم فى الشكل ١٣-٧ عن طريق  $C_1$ ) . وتتخذ عدة  
اجراءات لضمان استقرار تردده ، منها تثبيت فلطية التغذية بواسطة ثنائيات  
زينر (الثنائى  $D_1$  فى الشكل ١٣-٧) ، واختيار تقارن ضعيف بين دائرة  
الرين والترانزستور وكذلك بين المذبذب والمازج ، واستخدام مكثفات ذات  
معامل حرارى صغير .

٤ ( المؤلف (منتخب القنوات) . تصمم اجهزة التلفزيون العصرية لاستقبال اية قناة من القنوات التلفزيونية الاثنى عشرة . وتختار القناة بتوليف دائرة الدخل ومكبر ترددات اللاسلكى والمذبذب المحلى . ومن الضروري ان يكون بالامكان تغيير التوليف فى مدى ترددى واسع جدا ( من ٥٠ ميگاهرتز حتى ٢٣٠ ميگاهرتز تقريبا ) ، مما ترك اثره على تصميم منظومة التوليف . ولقد تبين ان اكثر العناصر والوسائل المستخدمة للتوليف فى هندسة اللاسلكى ملائمة واعتمادية للاستخدام فى اجهزة التلفزيون المفاتيح الشرائحية ( « البرجية » ) ذات التماسات ( الملامسات ) الدارية التى يمكن بتلويرها تبديل دوائر الرنين او بعض مكونات دوائر الرنين . وترتب على شرائح المفتاح المستخدم لاختيار القنوات دوائر رنين مكبر ترددات اللاسلكى والمذبذب المحلى لكل من القنوات الاثنى عشر ( الشكل ١٣ - ٨ ) . وعند ادارة المفتاح توصل بدائرة المكبر والمذبذب الملفات المولفة مسبقا .

وتصمم مراحل الترددات العالية ( مكبر ترددات اللاسلكى والمزاج والمذبذب المحلى ) على شكل وحدة تسمى المؤلف او منتخب القنوات .

٥ ( التحكم الاوتوماتى فى تردد المذبذب المحلى ) . ان احد عيوب اجهزة التلفزيون التى تعمل بطريقة التضارب بين الموجتين الحاملتين ينحصر ، كما

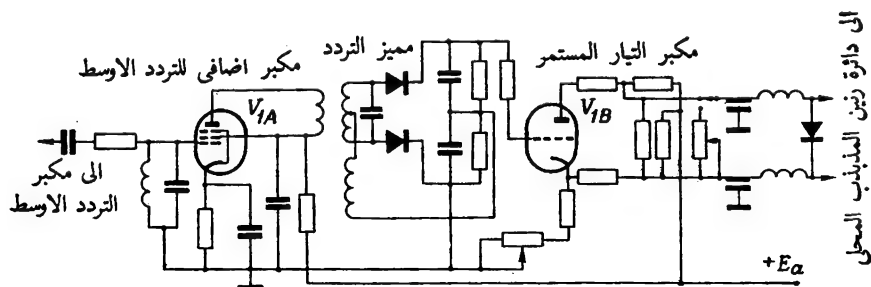


الشكل ١٣ - ٨ . صورة لمؤلف (منتخب قنوات) وهو مفكوك

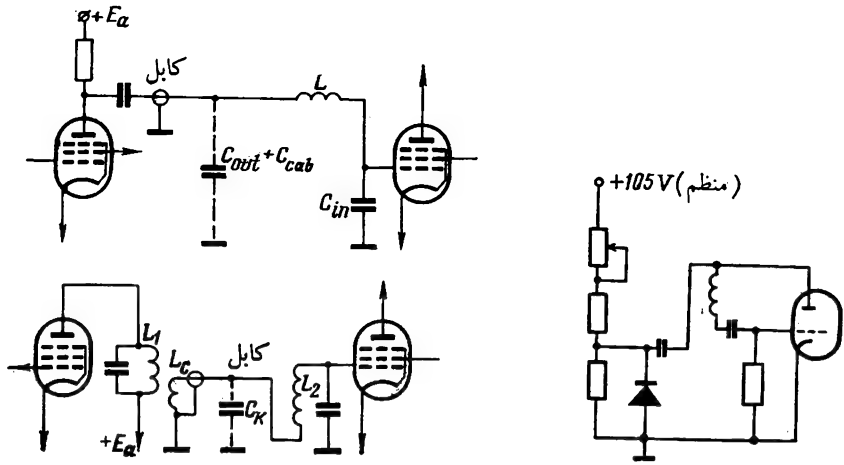
سبق ان اشرنا ، في صعوبة التوليف الدقيق لتلك الاجهزة ، وما ينجم عنها من صعوبة في الحصول على البیان الاقصى لتفاصيل الصورة . ويمكن التغلب على هذه الصعوبة تغلبا جذريا للغاية بطريقة التحكم الاوتوماتى فى تردد المذبذب المحلى . ومن الضروري استخدام هذه الطريقة ايضا من اجل التحكم فى جهاز التلفزيون عن بعد .

ويتم التحكم الاوتوماتي في التردد بالتأثير على احدى مفاعلات دائرة رنين المذبذب بالاشارة المسماة اشارة الخطأ . وتنتج هذه الاشارة في خرج كاشف الطور الذى يسلط عليه التردد الاوسط للصورة ، عندما ينحرف هذا التردد عن القيمة الاسمية . ويمكن بضبط دائرة التحكم الاوتوماتي في التردد ضبطا سليما المحافظة على القيمة الاسمية لتردد المذبذب .

وبين الشكل ١٣ - ٩ احدى الدوائر التى يمكن استخدامها للتحكم الاوتوماتى فى تردد المذبذب المحلى . وتسلط اشارة خرج مكبر التردد الاوسط على كاشف الطور بعد تكبيرها بمكبر اضافى . وتوصل اشارة الخطأ الخارجة من كاشف الطور الى شبكة مكبر تيار مستمر . ويستخدم خرج هذا المكبر للتأثير على الثنائى البلورى الذى يتحكم فى تردد المذبذب ويمكن ان يتم التحكم فى التردد بالاستفادة من تبعية سعة الثنائى للفلطية المسطرة عليه ، عندما يكون فى حالة الانحياز العكسى . ومن اجل ذلك يوصل الثنائى الى دائرة المذبذب المحلى كما فى الشكل ١٣ - ١٠ . وعند تغير فلطية انحياز الثنائى ، تغير سعته ، ومن ثم يتغير تردد المذبذب . ويمكن ان نستخدم هنا « ثنائيات الوصلة » التى تتميز بسعات كبيرة ، كما تتميز بحدود واسعة لتغير السعات . وتستخدم



الشكل ١٣ - ٩ . دائرة للتحكم الاوتوماتي في تردد المذبذب المحلي



الشكل ١٣ - ١٠ . دائرة رنين  
مذبذب محل يتغير تردده  
بواسطة ثنائي ذى انحياز عكسى

الشكل ١٣ - ١١ . تقارن المولف مع مكبر التردد  
الاطوسط بواسطة : أ - دائرة رنين على شكل  $\Pi$  ؛ ب -  
مرشح مزدوج التوليف

لذلك الغرض عادة ثنائيات خاصة تسمى ثنائيات « الفاراكتور » او الثنائيات ذات المفاعلة ( السعة ) المتغيرة .

٦ ) تقارن المولف ومكبر التردد الاوسط . كما سبق ان ذكرنا ، يصمم المولف على شكل وحدة مستقلة . ويتم توصيل هذه الوحدة مع الشاسيه الاساسية لجهاز التلفزيون بصفيرة من عدة موصلات . ويستخدم احد هذه الموصلات ( المخصص للترددات المرتفعة ) لنقل اشارة التردد الاوسط من المولف الى مكبر التردد الاوسط ، بينما تستخدم الموصلات الاخرى لنقل فلتيات التغذية .

ولا يمكن عمليا جعل طول صفيرة التوصيل اقل من ٢٥ سم . وفى هذه الحالة تبلغ سعة كابل الترددات المرتفعة عشرات البيكوفاراد . وينجم عن توصيل مثل هذه السعة الى دائرة رنين المازج ان تقل معاوقتها الرنينية بحدة ، ومن ثم ينخفض كسب المازج .

ويتم اضعاف تأثير سعة الكابل على دوائر التردد الاوسط ( اى على حمل المولف ) بطريقتين اساسيتين :

أ - تستخدم كحمل للمازج دائرة رنين على شكل  $\Pi$  ( الشكل ١٣ - ١١ - أ ) ، مكونة من المحاثه  $L$  والسعتين  $C_{out} + C_{cab}$  و  $C_{in}$  الموصلتين معها

على التوالي (حيث  $C_{out}$  هي سعة خرج صمام المازج و  $C_{cab}$  هي سعة الكابل ، بينما  $C_{in}$  هي سعة دخل صمام مكبر التردد الاوسط ) . وطالما ان  $C_{in} < C_{out} + C_{cab}$  ، فان السعة الكلية لدائرة الرنين اقل من  $C_{in}$  . وفي هذه الحالة تصبح المعاوقة الرنينية عالية القيمة ، ويقل تأثير توليف الدائرة بتغير سعة الكابل الى درجة غير ملحوظة .

ب - يستخدم مرشح نطاقى مزدوج التوليف مكون من دائرة رنين توضع فى وحدة المولف بقرب الصمام المازج ، ودائرة رنين اخرى توضع عند دخل مكبر التردد الاوسط ( وكثيرا ما تركب داخل القابس الذى يوصل بين المولف والشاسيه ) . ويتم التقارن بين هاتين الدائرتين ( الشكل ١٣ - ١١ - ب ) بواسطة ملف قارن صغير  $L_c$  يلف فوق الملف  $L_1$  ويوصل الى الملف  $L_2$  عن طريق الكابل . وفى هذه الحالة تكون سعة الكابل موصلة على التوازي مع ملف التقارن فقط ، فلا تخفض المعاوقة الرنينية بأية نسبة ذات أهمية .

وتكون نسبة خرج دائرة التقارن الى دخلها عند استخدام الطريقة الاولى اكبر مرة ونصف تقريبا ، مما هى فى حالة استخدام الطريقة الثانية . ولكن الطريقة الاولى تستلزم اعادة توليف دوائر الرنين ، كلما استبدل منتخب القنوات .

( ٧ ) الاستقبال التلفزيونى لدى الترددات بعد العالية ( UHF ) : كما سبق ان ذكرنا فى الفصل الحادى عشر ، ادى التطور المستمر للتلفزيون الى استخدام قنوات جديدة اعلى من ٤٧٠ ميگاهرتز الى جانب قنوات الترددات العالية جدا .

وتترك خصائص الترددات بعد العالية اثرها الخاص على تركيب مراحل ترددات اللاسلكى بجهاز التلفزيون . وفى هذا المدى تزداد المفقودات الطفيلية فى مكونات الدائرة ازديادا حادا ، مما يستلزم استبدال دوائر الرنين العادية بالدوائر ذات الثوابت الموزعة ( قطاعات خطوط النقل التى طولها  $\frac{\lambda}{2}$  او  $\frac{\lambda}{4}$  وما الى ذلك ) .

وتستخدم لدى الترددات بعد العالية صمامات خاصة ذات الكترودات قرصية . وتنتج للعمل فى هذا المدى ايضا ترانزستورات ذات تردد اقصى

مرتفع لدرجة كافية . وتوصل الترانزستورات عند تكبير الترددات بعد العالية عادة بطريقة القاعدة المشتركة .

ويؤدى ارتفاع التردد الى انخفاض الكسب الذى يعطيه كل من الصمام والترانزستور ، كما يؤدى الى زيادة رقم الضوضاء . ولكن المؤلف الذى يعمل بالترانزستورات يعطى لدى نفس الترددات رقم ضوضاء يقل بحوالى ٤ - ٥ ديسيبل مما يعطيه المؤلف الصمامى ، كما ان كسب القدرة فى المؤلف الترانزستورى يمكن ان يكون اعلى بحوالى ٥ - ١٠ ديسيبل مما فى المؤلف الصمامى .

وهذا هو احد الاسباب التى ادت الى الشيوع السريع لمولفات الترددات بعد العالية الترانزستورية واستخدامها حتى فى اجهزة التلفزيون الصمامية . ويمكن استقبال الترددات بعد العالية بطريقتين :

أ - استخدام مؤلف خاص مكون ، كمؤلف الترددات العالية جدا ، من مكبر لترددات اللاسلكى ومازج ومذبذب محلى .

ويمكن ان نحصل بهذه الطريقة على جودة استقبال عالية .

ب - استخدام وحدة خاصة لتحويل الذبذبات المستقبلية الى ذبذبات ذات تردد اقل يناظر احدى قنوات الموجات المترية ( الترددات العالية جدا ) . ويتم استقبال الذبذبات المحولة بواسطة جهاز تلفزيون عادى .

وينبغى ان تكون الموجة الحاملة للصورة بعد خروجها من وحدة التحويل اعلى من الموجة الحاملة للصوت حتى يمكن استقبالهما بجهاز تلفزيون عادى . ولذلك يجب ان يكون تردد المذبذب المحلى لوحدة التحويل اقل من الترددات المطلوب استقبالها .

ومن عيوب استخدام وحدة التحويل التداخلات التى تنشأ نتيجة لتغيير التردد مرتين ، وعدم الاستقرار الناجم عن انسياق ترددى مذبذبى وحدة التحويل وجهاز التلفزيون .

### البند ١٣ - ٣ قناة الصورة

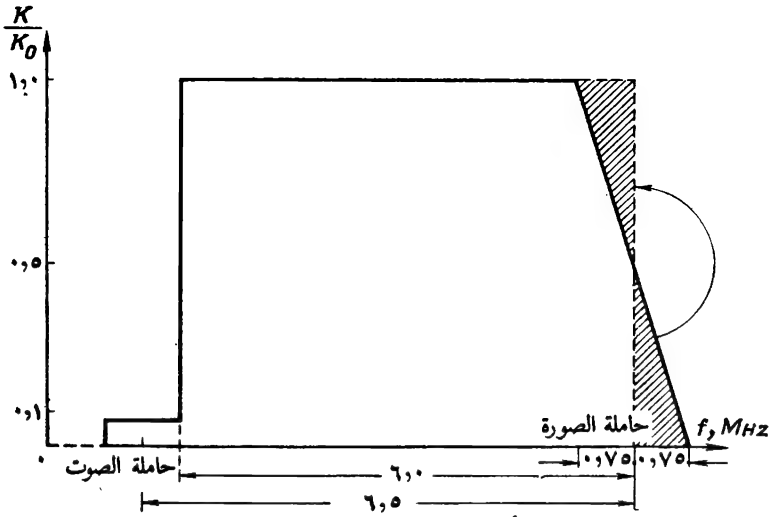
( ١ ) مكبر التردد الاوسط : ان التكبير الاساسى فى اجهزة السوبرهترودين يتم لدى التردد الاوسط . ولذلك ، فان خواص مكبر التردد الاوسط هى التى تحدد حساسية جهاز الاستقبال ، ومن ثم تحدد جودة الاستقبال . ويتميز مكبر التردد الاوسط للصورة ( مكبر التردد الاوسط للصوت والصورة فى اجهزة « التضارب بين الموجتين الحاملتين » ) بنطاق ترددى عريض يبلغ ٦ ميگاهرتز تقريبا . ومن اجل تسهيل تكبير هذا النطاق العريض وازعاف تداخلات تردد « صورة الاشارة » وتحسين ظروف عمل كاشف الصورة يفضل ان يكون التردد الاوسط اكبر ما يمكن .

وقد صممت اغلب اجهزة التلفزيون السوفيتية الموجودة على تردد اوسط للصورة يساوى ٣٤,٢٥ ميگاهرتز . ورفعت قيمة هذا التردد فى النظام القياسى السوفيتى الجديد الى ٣٨ ميگاهرتز . وطالما ان تردد المذبذب المحلى اعلى من القناة المستقبلة ، فان التردد الاوسط للصوت اقل من التردد الاوسط للصورة ؛ ٦,٥ ميگاهرتز ، اى يساوى ٢٧,٧٥ او ٣١,٥ ميگاهرتز على التوالى .

ومن اجل الحصول على بيان عال للصورة التلفزيونية ، ولضمان الانتقائية الجيدة ( للتخلص من تداخلات المحطات الاخرى ) ، ينبغى ان تكون الاستجابة الترددية لمكبر التردد الاوسط كما مبين بالشكل ١٣ - ١٢ ، اى يجب ان تكون مستوية فى نطاق التمرير باستثناء المنطقة المجاورة للتردد الاوسط للموجة الحاملة للصورة فى حدود  $\pm ٠,٧٥$  ميگاهرتز ، حيث يجب ان تكون الاستجابة ماثلة ومتماثلة . ويقصد بهذا انه ينبغى كبت الموجة الحاملة للصورة بنسبة ٥٠٪ ، كما ينبغى ان يكون مجموع قيمتى الاستجابة لكل مركبتين متساويتى البعد عن حاملة الصورة فى تلك المنطقة مساويا لقيمة الاستجابة للمركبات غير المكبوتة ، وبذلك تزال التشوهات التى تنتج عن كشف الاشارات المرسله بطريقة الكبت الجزئى للنطاق الجانبى .

ومن اجل الاستقبال الطبيعى للصوت المصاحب فى الاجهزة التى تعمل بطريقة « التضارب بين الحاملتين » ينبغى ان تكون استجابة مكبر التردد الاوسط



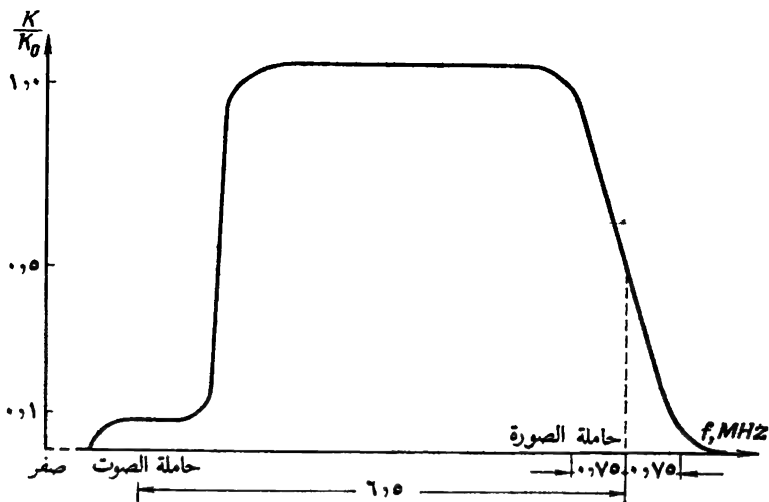


الشكل ١٣ - ١٢. الاستجابة المثالية لمكبر التردد الاوسط في جهاز الاستقبال التلفزيوني المصمم بطريقة « التضارب بين الحاملتين »

ذات رواق مستوى في منطقة الموجة الحاملة للصوت المصاحب ويجب ان يكون مستواها هنا مساويا ٠,١ - ٠,٠٥ من مستواها في نطاق التمرير . ووجود مثل ذلك « الرواق الصوتي » ضروري لتجنب تعديل اشارة الصوت المصاحب من حيث الاتساع ولاستبعاد تداخل الصوت مع الصورة .

ولكن الحصول على الاستجابة المثالية المبينة بالشكل ١٣ - ١٢ ليس فقط غير ممكن عمليا ، بل هو غير مفضل ايضا ، لأن مثل هذه الاستجابة تعطي جودة غير مرضية للصورة ، طالما ان استجابة الطور تكون مشوهة جدا عند الانكسارات والانحدارات الحادة في الاستجابة الترددية ، مما يؤدي الى تشويهات شديدة للشكل الموجي للاشارة . اما الاستجابة الترددية التي يمكن تحقيقها عمليا عند انتاج اجهزة التلفزيون بالجملة والتي تعطي استجابة طور مرضية ، فهي كالاستجابة المبينة بالشكل ١٣ - ١٣ . وهذه الاستجابة هي التي ينبغي ان نسعى للحصول عليها عند توليف مكبر التردد الاوسط في جهاز التلفزيون .

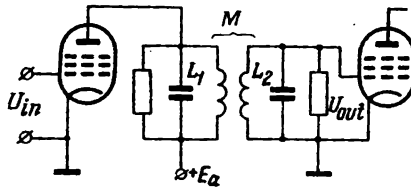
( ٢ ) تشكيل الاستجابة الترددية لمكبر التردد الاوسط : يتم الحصول على الشكل المرغوب فيه للاستجابة الترددية لمكبر التردد الاوسط باستخدام دوائر



الشكل ١٣ - ١٣. الاستجابة النموذجية لمكبر التردد الاوسط في جهاز التلفزيون المصمم بطريقة «التضارب بين الحاملتين»

الرنين البسيطة والمحولات المؤلفة والمرشحات المؤلفة على شكل  $\Pi$  ،  $M$  ،  $T$  وما الى ذلك .

ويمكن توسيع نطاق الترددات التي تمررها دوائر الرنين على حساب الاساءة الى جودتها بتوصيل مقاومات صغيرة معها على التوازي . ولكن الاساءة الى الجودة لا تكفى للحصول على الشكل المرضى لاستجابة مكبر التردد الاوسط عندما تستخدم فيه فقط دوائر الرنين البسيطة المؤلفة على تردد مركزي واحد ، كما ان المكبر في هذه الحالة لا يضمن الانتقائية اللازمة . ويمكن الحصول على نتائج افضل بتوليف دوائر الرنين على ترددات مختلفة ضمن نطاق التمرير . وتستخدم المحولات المزدوجة التوليف ( الشكل ١٣ - ١٤ ) في مكبر التردد الاوسط بالاثلاف مع دوائر الرنين البسيطة المفردة التوليف . وتختار المحولات بتقارن اوثق من التقارن الحرج ، مما ينجم عنه ان تكون استجاباتها الترددية ذات قمتين . ويتم تعويض انخفاض استجابة المحول المزدوج التوليف عند منتصف نطاق التمرير باستخدام دائرة رنين بسيطة في احدى مراحل التكبير اللاحقة وتوليف هذه الدائرة على منتصف نطاق التمرير .



الشكل ١٣ - ١٤ . دائرة محول مولف

ويمكن ان نحصل على محول ذى تقارن وثيق واستجابة «لاتماثلية» بلف سلك ثنائى على شكل واحد . وبذلك تكون محاثتا الملفين الابتدائى  $L_1$  والثانوى  $L_2$  متساويتين . وطالما ان سعة دائرة الشبكة اكبر بمرتين او ثلاث من سعة دائرة الانود ، فان تردد رنين دائرة الشبكة يكون اقل بمره ونصف تقريبا من تردد رنين دائرة الانود . ويتشكل نطاق تمرير مكبر التردد الاوسط باستخدام رنين دائرة الشبكة . اما رنين دائرة الانود ، فهو يحدث عند تردد اعلى بحوالى ١٥ - ٢٠ ميگاهرتز ، فلا يؤثر على توليف المكبر .

ومن مزايا تقارن مراحل التكبير بالمحولات المولفة :

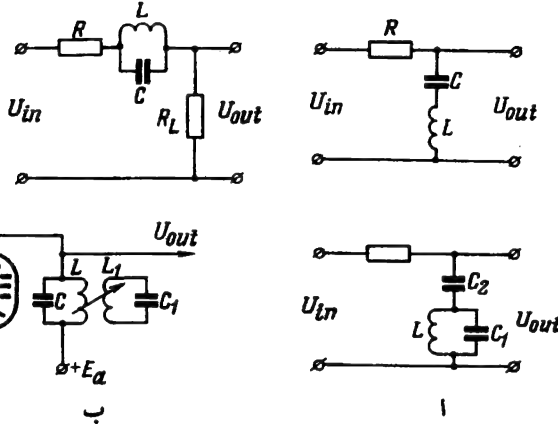
أ - عدم الحاجة الى مكثف تقارن ( منع ) بين انود الصمام السابق وشبكة الصمام اللاحق .

ب - الفصل بين سعتى دائرتى الانود والشبكة ، مما يقلل من السعة المكافئة لدائرة الرنين ، ومن ثم يزيد من كسب مرحلة التكبير .

٣ ) دوائر النبذ (المصايد) : ينبغي الا يمرر المكبر اية اشارات غير مرغوب فيها يقع ترددها خارج نطاق التمرير . ويعتبر ان اكثر الاشارات الدخيلة على استقبال الصورة احتمالية هى الاشارات المرسله على القنوات الاقرب تردديا . وتصلر هذه الاشارات بحد ذاتها عن جهاز ارسال الصوت الذى يعمل على القناة المجاورة السفلية (ويقل تردد هذا الجهاز : ١,٥ ميگاهرتز فقط عن تردد الموجة الحاملة للصورة المستقبله ، ولكنه يكون موجودا عادة فى منطقة بعيدة) ، وجهاز ارسال الصوت المصاحب (ويختلف تردده عن تردد الموجة الحاملة للصورة بـ ٦,٥ ميگاهرتز ، ولكنه يكون موجودا فى نفس مكان جهاز ارسال الصورة) ، وجهاز ارسال الصورة الذى يعمل على القناة المجاورة العلوية (وهو متراح تردديا بقدر ٨ ميگاهرتز ، ولكنه يخدم منطقة بعيدة) .

ويتم تفادى مرور اشارات هذه المحطات من خلال قناة الصورة باستخدام دوائر نابذة خاصة تسمى المصاييد .

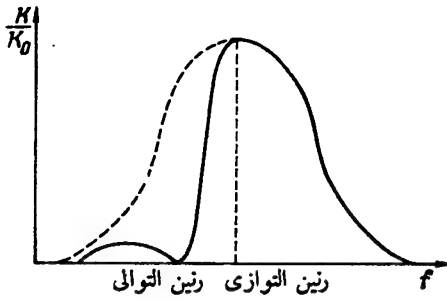
وبيين الشكل ١٣ - ١٥ الطرازات الاساسية للمصاييد . وطالما ان معاوقة دائرة رنين التوالى عند تردد الرنين تساوى الصفر ، فان خرج المصيدة المبينة بالشكل ١٣ - ١٥ - أ يساوى تقريبا الصفر عند تردد رنين الدائرة  $LC$  ، اى ان الاشارات التى لها مثل هذا التردد تضعف بشدة .



الكل ١٣ - ١٥ . الطرازات الاساسية للمصاييد (دوائر النبذ)

وبما ان معاوقة دائرة رنين التوازي عند تردد الرنين كبيرة جدا (وتساوى نظريا اللانهاية اذا لم يوجد أى فقد فى الدائرة) ، فان دائرة التوازي  $LC$  الموصلة على التوالى فى المصيدة المبينة بالشكل ١٣ - ١٥ - ب توهن بشدة الذبذبات القريبة من تردد الرنين .

وتقوم الدائرة المبينة بالشكل ١٣ - ١٥ - ج بعمل دائرتى رنين . فبينما تشارك دائرة التوازي  $LC$  فى تشكيل استجابة مكبر التردد الاوسط داخل نطاق التمرير ، نجد انها تمثل عند اقل من تردد الرنين مفاعلة حثية تشكل مع المكثف  $C_2$  دائرة التوالى المستخدمة للنبذ . وطالما ان تردد رنين التوالى اقل من تردد رنين التوازي ، فان رنين التوالى يمكن ان يستخدم فقط لتشكيل الحافة اليسرى لاستجابة مكبر التردد الاوسط . ويمكن باختيار امثل نسبة بين السعتين  $C_1$  و  $C_2$  ان نحصل على حافة حادة جدا (الشكل ١٣ - ١٦) .



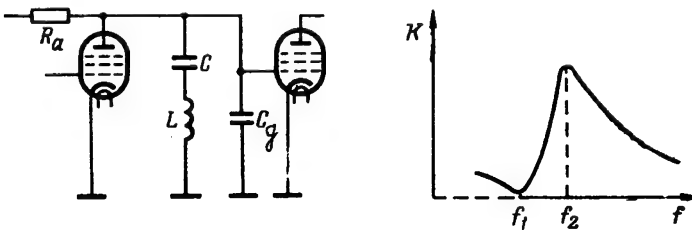
الشكل ١٣ - ١٦ . الاستجابة الترددية للدائرة الميئة بالشكل ١٣ - ١٥ - ج

وتستخدم للنبد ايضا دائرة رنين التوازي  $L_1C_1$  المقترنة حثيا مع دائرة الرنين الاساسية كما فى الشكل ١٣ - ١٥ - د . وتأخذ دائرة التوازي  $L_1C_1$  لدى تردد الرنين اقصى طاقة من الدائرة الاساسية ، ومن ثم تخفض كسب مرحلة التكبير عند هذا التردد .

ولا تكفى لتشكيل رواق استجابة مكبر التردد الاوسط فى منطقة الموجة الحاملة للصوت مصيدة واحدة فقط ، بل تلزم لذلك مصيدتان تولف احدهما على تردد يزيد عن التردد الاوسط للصوت بقدر ٢٥٠ كيلوهرتز ، وتولف الاخرى على تردد يقل عنه بقدر ٢٥٠ كيلوهرتز .

٤ ) المرشح المؤلف على شكل T : حلت محل دوائر الرنين البسيطة والمحولات المولفة فى اغلب مكبرات التردد الاوسط المصممة فى الآونة الاخيرة مرشحات تسمى المرشحات المولفة . وسوف نشرح فيما يلى عمل احد هذه المرشحات المسمى المرشح T :

ان الدائرة الميئة بالشكل ١٣ - ١٧ ذات رنينين ، احدهما هو رنين دائرة التوالى LC وتردده  $f_1 = \frac{1}{V_{LC}}$  ، والآخر هو رنين دائرة التوازي  $LCC_g$



الشكل ١٣ - ١٧ . دائرة مرحلة تكبير ذات رنينين (ولم تبين هنا دوائر التغذية والمنع ) واستجابتها الترددية

وتردده هو  $f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\frac{C C_g}{C+C_g}}}$  . ونحصل عند رنين التوالى على ادنى

كسب ، بينما يناظر رنين التوازي اقصى كسب :

وطالما ان السعة  $C$  اكبر دائما من  $C\frac{C_g}{C+C_g}$  ، فان التردد  $f_1$  اقل دائما من التردد  $f_2$  ، ومن ثم تكون استجابة مرحلة التكبير كالمبينة فى الشكل ١٣-١٧ على اليمين .

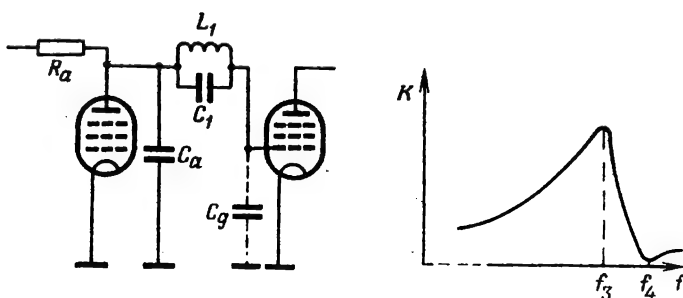
وكذلك تتميز الدائرة المبينة بالشكل ١٣-١٨ برنينين ، احدهما هو رنين دائرة التوازي  $L_1 C_1$  وتردده  $f_4 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$  ، والآخر هو رنين دائرة التوازي المعقدة  $L_1 C_1 C_a C_g$  وتردده :

$$f_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1\left(C_1 + \frac{C_a C_g}{C_a + C_g}\right)}}$$

ويعطى رنين الدائرة  $L_1 C_1$  ادنى كسب ، بينما يناظر رنين الدائرة  $L_1 C_1 C_a C_g$  اقصى كسب .

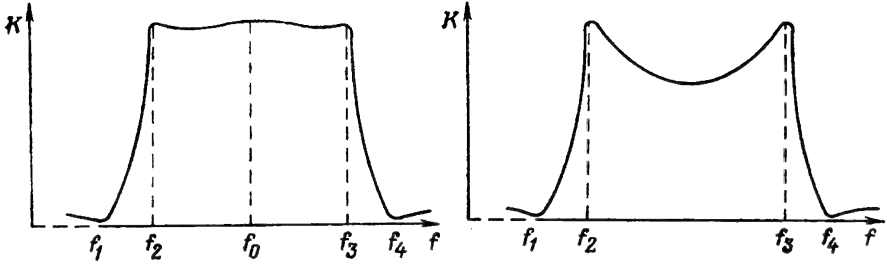
وطالما ان السعة  $C_1$  اقل دائما من  $C_1 + \frac{C_a C_g}{C_a + C_g}$  ، فان التردد  $f_4$  اعلى دائما من  $f_3$  ، ولذا تكون استجابة مرحلة التكبير كالمبينة بالشكل ١٣-١٨ على اليمين .

وعند توصيل المرحلتين اللتين تعرضنا لهما ، على التعاقب ، تكون الاستجابة الكلية كما فى الشكل ١٣-١٩ .



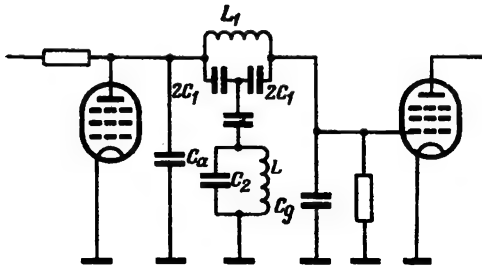
الشكل ١٣-١٨ . دائرة أخرى لمرحلة تكبير ذات رنينين واستجابتها الترددية

ويمكن التخلص من المنخفض الموجود في وسط هذه الاستجابة بواسطة مرحلة تكبير أخرى ذات دائرة رنين بسيطة مولفة على تردد يقع بين  $f_2$  و  $f_3$  . وعند استخدام مثل هذه المرحلة تصبح استجابة المكبر كالمبينة بالشكل ١٣ - ٢٠ .

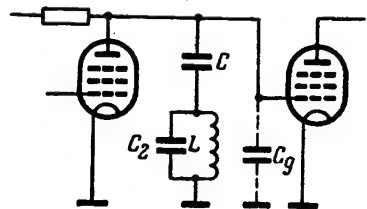


الشكل ١٣ - ١٩ . الاستجابة الترددية  
الاجمالية للمرحلتين المبيتين بالشكلين  
١٧ - ١٣ و ١٨ - ١٣ مع  
مرحلة ذات دائرة رنين مفردة التوليف

ويختار التردد  $f_1$  مساويا للتردد الاوسط للصوت (مثلا ٣١,٥ ميجاهرتز) ،  
بينما يوضع الترددان  $f_2$  و  $f_3$  على جانبي التردد الاوسط للصورة (٣٨ ميجاهرتز) ، ويضبط التردد  $f_3$  تبعا لعرض نطاق التمرير مرغوب فيه .  
ومن الانسب عمليا استبدال الملف  $L$  في الدائرة المبينة بالشكل ١٣ - ١٧ بدائرة تواز  $LC_2$  كما مبين بالشكل ١٣ - ٢١ ، وضم دوائر الرنين المبينة بالشكلين ١٣ - ١٨ و ١٣ - ٢١ في مرحلة واحدة ، بحيث يتكون منها مرشح على شكل T (الشكل ١٣ - ٢٢) .



الشكل ١٣ - ٢٢ . دائرة المرشح T

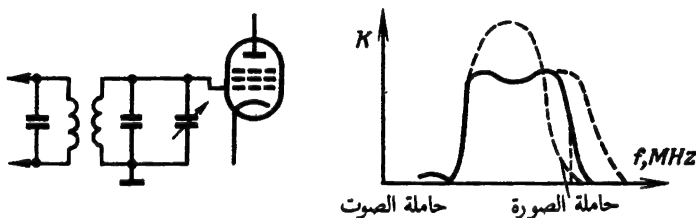


الشكل ١٣ - ٢١ . دائرة معدلة  
للمرحلة المبينة بالشكل ١٣ - ١٧

ويتميز هذا المرشح ببساطة توليفه الناجمة عن قلة عدد دوائر الرنين وانعدام تأثير بعضها على بعض .

ومن عيوبه الكسب القليل عند التردد المتوسط وحدة حافتي الاستجابة الترددية التي تسبب تشوهات طورية .

٥) مصححات بيان التفاصيل : سبق ان ذكرنا ان الموجة الحاملة للصورة ينبغي ان تقع في حالة استقبال الاشارات التلفزيونية ذات النطاق الجانبي المكبوت جزئيا على منتصف حافة الاستجابة الترددية لمكبر التردد الاوسط . ولكن خطية استجابة الطور تختل بالذات عند حافة الاستجابة الترددية . وتنجم عن ذلك تشوهات طورية تظهر للمشاهد كفقء في بيان تفاصيل الصورة او استبانتها .



الشكل ١٣ - ٢٣. تصحيح البيان (الاستبانة) بمكثف متغير

ولذلك يفضل ان يتضمن جهاز التلفزيون ضابطا يسمح بازاحة حافة الاستجابة الترددية لمكبر التردد الاوسط بالنسبة الى تردد الموجة الحاملة للصورة ، بحيث يمكن الحصول على امثل استجابتين للاتساع والطور واحسن بيان لتفاصيل الصورة .

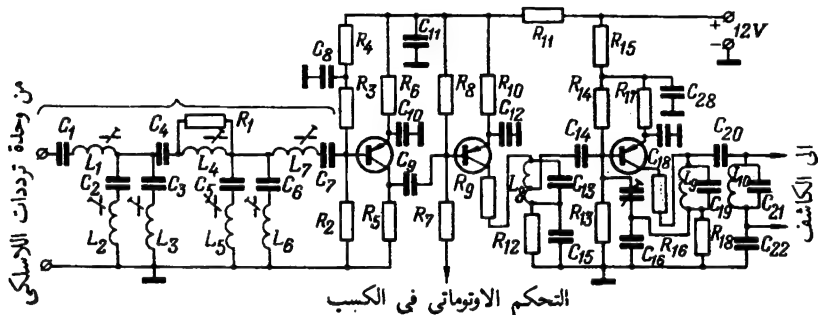
ويمكن ان يتم ذلك مثلا بواسطة مكثف متغير يوصل بدائرة الرنين التي تشكل حافة الاستجابة الترددية في منطقة الموجة الحاملة للصورة (الشكل ١٣ - ٢٣) .

٦) مكبر التردد الاوسط الترانزستوري : ان استخدام الترانزستورات في مكبر التردد الاوسط يقترن بصعوبات اقل مما في مكبر ترددات اللاسلكي . ويفسر هذا بانخفاض التردد وثباته (عدم تغييره من قناة الى قناة) .



ولكن بعض الصعوبات تبرز هنا أيضا نتيجة لصغر معاوقتي دخل وخرج الترانزستور (فهما اقل بعشر مرات من معاوقتي الصمام) . وينجم عن ذلك ان تنخفض كثيرا جودة دوائر الرنين المستخدمة في المكبر الترانزستوري ، ومن ثم تسوء الانتقائية .

ويمكن التوفيق بين المعاوقات الصغيرة للترانزستورات والمعاوقات الرنينية لدوائر الرنين بتوصيل هذه الدوائر بالترانزستورات جزئيا بواسطة محاثة مجزأة (مثلا  $L_8$  في الشكل ١٣ - ٢٤) او سعة مجزأة او محول .



الشكل ١٣ - ٢٤ . دائرة مكبر التردد الاوسط في جهاز تلفزيون من طراز « يونست »

وتستخدم في مكبرات التردد الاوسط الترانزستورية عادة دوائر رنين بسيطة مولفة تخالفا او محولات مزدوجة التوليف (مثلا  $L_{10}C_{21}$  و  $L_8C_{19}$ ) . ويتم الحصول على الانتقائية اللازمة بواسطة مرشحات خاصة ذات « انتقائية مركزة » ، كالمرشح المستخدم في دخل دائرة مكبر التردد الاوسط المبينة بالشكل ١٣ - ٢٤ . ويشتمل هذا المرشح على دوائر رنين ( $L_7C_7$  و  $L_4C_4$  و  $L_1C_1$ ) لتشكيل الاستجابة الترددية في نطاق التمرير ومضاييد ( $L_8C_8$  و  $L_3C_3$  و  $L_6C_6$  و  $L_5C_5$ ) لنبد الاشارات الدخيلة التي تحدثها القنوات المجاورة وجهاز ارسال الصوت المصاحب .

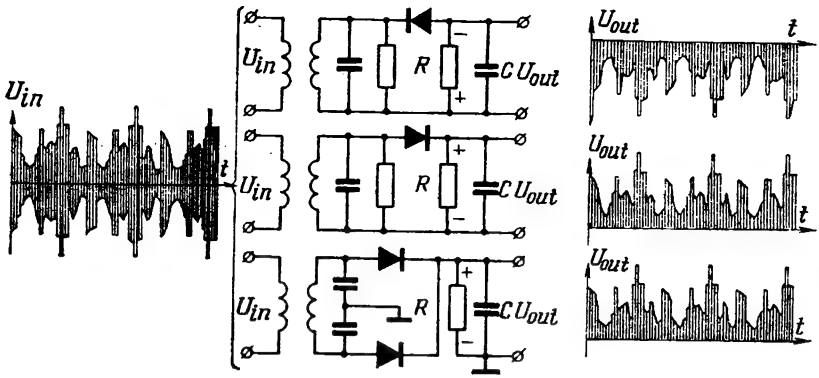
ومما يجب مراعاته ان التغذية الخلفية المتأصلة في اغلب الترانزستورات الموجودة يمكن ان تؤدي الى عدم استقرار عمل مكبر التردد الاوسط ، كما يمكن ان تسبب في تشويه المنحنيات الرنينية والتأثير المتبادل بين مراحل مكبر التردد الاوسط عند توليفها .

ومن الانسب للتخلص من هذه الظواهر استخدام الترانزستورات التي تكون فيها التغذية الخلفية الداخلية صغيرة جدا . وفي حالة عدم وجود مثل هذه الترانزستورات ينبغي اللجوء الى عملية معادلة تأثير التغذية الخلفية الداخلية . وعلى سبيل المثال ، تتم عملية المعادلة في المرحلة الثالثة للمكبر المستخدم في جهاز « يونست » ( الشكل ١٣ - ٢٤ ) بأخذ فلطية الخرج من  $C_{16}$  و  $R_{18}$  وتسليطها على قاعدة الترانزستور عن طريق مكثف الضبط  $C_{17}$  . ويمكن تحسين استقرار مرحلة التكبير المولفة التي تعمل بطريقة الباعث المشترك ، بدون اللجوء الى استخدام دوائر التعادل ، اذا استخدمت قبل هذه المرحلة مرحلة تكبير غير مولفة مقترنة مباشرة او بمقاومة ومكثف ، كما هو الحال في المرحلتين الاولى والثانية لمكبر التردد الاوسط في جهاز « يونست » ( الشكل ١٣ - ٢٤ ) .

ومما ينبغي وضعه في الاعتبار ان الحصول على اقصى كسب يستلزم ان تكون سعة دوائر الرنين اقل ما يمكن . ولكن سعة دائرة الرنين المستخدمة في أية مرحلة تكبير تشتمل على سعة التوصيلات وسعة خرج مرحلة التكبير السابقة وسعة دخل مرحلة التكبير اللاحقة ( مع مراعاة نسبة التحويل او التقارن ، طبعا ) . وطالما ان سعتي دخل وخرج الترانزستور عديمتا الاستقرار (تغيران كثيرا عند تغير فلطية التغذية خاصة ) ، فان من الضروري لضمان استقرار كسب المكبر وشكل استجابته اختيار سعة مكثف دائرة الرنين اكبر ما يمكن ( لكي تقل الاهمية النسبية لسعات دخل وخرج الترانزستورات في دوائر الرنين ) .

وتختار ساعات دوائر الرنين عمليا انطلاقا من حل وسط يسمح بالحصول على كسب كاف وعمل مستقر .

( ٧ ) الكاشف : يتم كشف اشارة الصورة عادة بواسطة الكواشف الثنائية ( وتستخدم حاليا في اغلب الحالات ثنائيات الجرمانيوم ذات التلامس النقطي ) وتمتاز هذه الكواشف ببساطة تركيبها واعتمادية عملها وقلة التشوهات التي تسببها .



الشكل ١٣ - ٢٥. الدوائر الاساسية لكواشف أجهزة التلفزيون والاشكال الموجية للاشارات المقومة

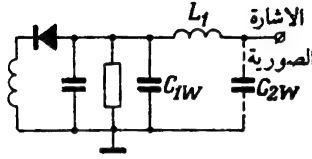
وبين الشكل ١٣ - ٢٥ الدوائر الاساسية للكواشف . وكما نرى من الشكل ، يمكن ان تكون اشارة الخرج موجبة القطبية او سالبة القطبية حسب طريقة توصيل الثنائي . وتختار القطبية تبعا لعدد مراحل المكبر الصوري وطريقة تسليط الاشارة على انبوب الصورة .

ولكى يعمل الكاشف خطيا ، ينبغي ان تكون القيم الدنيا لاتساع الاشارة المناظرة للاماكن البيضاء في الصورة كبيرة لدرجة كافية (حوالى ٠,٢٥ فولط) .

ومن اجل تقليل التشوهات الترددية لاشارة الصورة تختار مقاومة حمل الكاشف صغيرة نسبيا (وهي عادة ٢-٣ كيلووم) . وينبغي ان تكون سعة المكثف  $C$  الموصل على التوازي مع الحمل اكبر من سعة الثنائي (عادة ١ - ٢ بيكوفاراد) . ولكن اختيار السعة  $C$  كبيرة جدا يؤدي الى فقد الترددات العليا للاشارة الصورية . ولذلك تكون قيمتها عادة حوالى ٥ - ١٠ بيكوفاراد .

ومما يتضمنه خرج الكاشف مركبات ذات ترددات مرتفعة غير مرغوب فيها (توافقيات للتردد الاوسط مثلا) ، تصل الى دخل جهاز الاستقبال عن طريق التقارنات الطفيلية ، ويمكن ان تؤدي في الاجهزة ذات الحساسية العالية الى الاستثارة الذاتية (التوليد) . وحتى لو لم تحدث اية استثارة ذاتية ، نجد ان تلك التقارنات الطفيلية تتسبب في تشويه الاستجابة الترددية .

ومن غير المسموح به التخلص من تلك المركبات ذات الترددات المرتفعة بزيادة سعة حمل الكاشف ، لئلا يحدث هبوط في الاستجابة لأعلى ترددات الإشارة الصوتية . ويمكن كبت تلك المركبات غير المرغوب فيها بدون اضعاف مركبات الترددات العليا للإشارة باستخدام مرشح لتمرير الترددات المنخفضة على شكل  $\Pi$  ( الشكل ١٣ - ٢٦ ) .



الشكل ١٣ - ٢٦ . كاشف ذو مرشح لتمرير الترددات المنخفضة على شكل  $\Pi$

ومما يستلزمه العمل السليم للكاشف في اجهزة «التضارب بين الحاملتين» الا يزيد التوهين النسبي لحاملة الصوت الخارجة من مكبر التردد الاوسط عن ١٠ - ٢٠ مرة . ولكن مثل هذا التوهين غير كافى لمنع ظهور تداخلات الاشارات الصوتية على الصورة . ويتم التوهين الاضافى لإشارة التضارب بين الحاملتين بواسطة نفس دائرة الرنين التى تستخدم لفصلها عن الإشارة الصوتية . ويحدث أحيانا ان يكون هذا التوهين ايضا غير كافى . وفى هذه الحالة ينبغى استخدام مرشحات أخرى لكبت إشارة التضارب قبل تسليط الإشارة الصوتية على انبوب الصورة .

ويمكن الحصول على فصل افضل بين اشارتى الصورة والصوت باستخدام كاشفين منفصلين ، تؤخذ من احدهما الإشارة الصوتية ، ويؤخذ من الآخر التردد الاوسط للصوت . وفى هذه الحالة تستخدم كحمل لكاشف قناة الصوت دائرة رنين تزيد فعالية الكشف ، بينما توصل بدائرة الكاشف الصورى مصابيد نابذة للتردد الاوسط للصوت وترددات القناتين التلفزيونيتين المجاورتين .

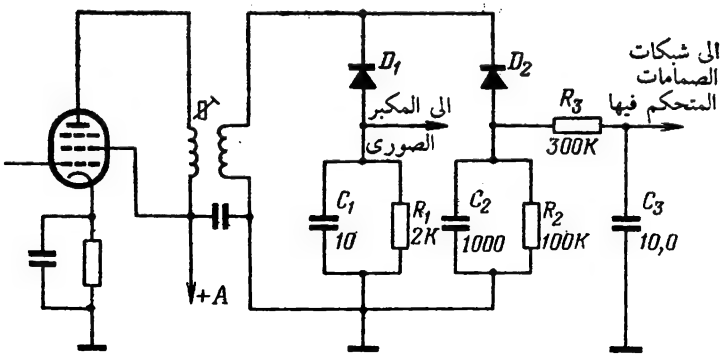
واذا تطلبت بعض الاسباب ان يختار التردد الاوسط للصورة منخفضا نسبيا ، فقد يكون من الصعب فصله عن الإشارة الصوتية بعد الكاشف . وفى هذه الحالة يوضع فى خرج الكاشف مرشح تمرير ترددات منخفضة يسمح

بفصل فلطية الاشارة الصورية عن فلطية الموجة الحاملة على نحو افضل ، او يستخدم كاشف الموجة الكاملة الذى يضاعف تردد فلطية الموجة الحاملة .

#### ٨ التحكم الاوتوماتى فى الكسب : ان حواكم الكسب الاوتوماتية

تستخدم فى اجهزة التلفزيون ، كما فى اجهزة الراديو ، من اجل جعل مستوى اشارة الخرج المسطرة على انبوب الصورة ووحدة التزامن غير معتمد على التغيرات العشوائية فى شدة المجال والتغيرات الناجمة عن تبديل القناة . ومما تتميز به اجهزة التلفزيون ان التحكم الاوتوماتى فى الكسب لا يمكن ان يتم فيها باستخدام المركبة المستمرة لخرج الكاشف ، كما متبع فى اجهزة الراديو ، اذ ان هذه المركبة لا تتغير تبعا لشدة الاشارة المستقبلية فحسب ، بل تتغير ايضا مع متوسط نصوع الصورة المتلفزة . فعند ارسال المناظر النيرة تكون المركبة المستمرة لخرج الكاشف الصورى صغرى ، وعند ارسال المناظر القاتمة تكون عظمى . والمستوى الذى لا يعتمد على محتوى الصورة ليس هو المستوى الوسطى للاشارة المكشوفة ، وانما مستوى قيمها القصوى المناظرة لنبضات التزامن . وهذا المستوى هو الذى يستخدم للتحكم الاوتوماتى فى الكسب .

ويبين الشكل ١٣ - ٢٧ دائرة من ابسط الدوائر المستخدمة للحصول على جهد التحكم الاوتوماتى فى الكسب . ويؤخذ الجهد الحاكم هنا من كاشف اضافى  $D_3$  يعمل ككاشف ذروة ، وهو يتميز عن الكاشف الاساسى  $D_1$  بكبر الثابت الزمنى .



الشكل ١٣ - ٢٧ . دائرة للحصول على فلطية التحكم الاوتوماتى فى الكسب

ويختار الثابت الزمني لدائرة حمل الكاشف  $D_8$  كبيرا لدرجة ان المكثف  $C_8$  الذى يتم شحنه بتأثير نبضات التزامن لا يلحق ان يفرغ جزءا ملحوظا من شحنته فى الفترات الفاصلة بين نبضات التزامن ، فتبقى فلطيته ثابتة تقريبا على مستوى ذرى الاشارة الصورية . وتسלט هذه الفلطية عن طريق مرشح  $(R_8 C_8)$  ذي ثابت زمنى كبير ايضا على الشبكات الحاكمة لصمامات تكبير ترددات اللاسلكى والتردد الاوسط من اجل التحكم فى كسبها .

وعند زيادة شدة الاشارة المستقبلة تزداد فلطية خرج كاشف الذروة (الفلطية على  $R_8 C_8$ ) ، ومن ثم يزداد الانحياز السالب المسلط على شبكات صمامات التكبير ، وبذلك يقل كسب جهاز الاستقبال . وعند نقصان شدة الاشارة المستقبلة يحدث العكس .

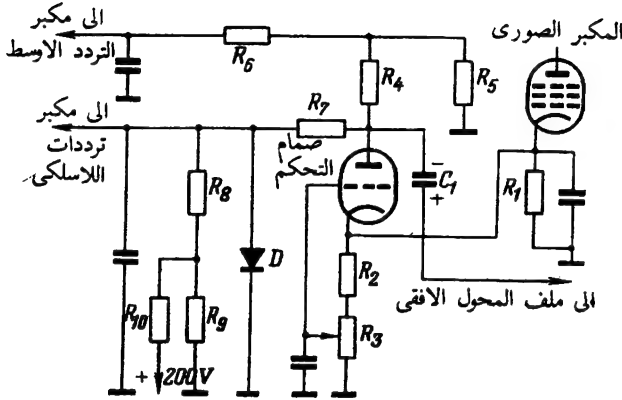
ومن المؤسف ان حاكم الكسب الاوتوماتى الذى تعرضنا له حساس جدا للضوضاء النبضية . فعند دخول النبضات الضوضائية الشديدة الى جهاز الاستقبال تنخفض حساسيته بجدة ، ومن ثم تسؤ الصورة كثيرا .

ويمكن اضعاف تأثير الضوضاء ، ومعادلة مفعول النبضات الافقية والرأسية ايضا ، باستخدام منظومة ذات ثابت زمنى كبير جدا . ولكن مثل هذه المنظومة لا تحس بالتغيرات القصيرة الامد التى تطرأ على شدة الاشارة المستقبلة والتى تحدث مثلا عند تحرك اجسام معدنية كبيرة ( كالطائرات والرافعات البرجية وما الى ذلك ) بقرب هوائى الاستقبال ولذلك ينبغى اختيار الثابت الزمنى لحمل كاشف الذروة متوسط القيمة .

ونظرا للعيوب المذكورة ، فان الحاكم الاوتوماتى للكسب ذا كاشف الذروة لم يعد يستخدم حاليا ، وقد حل محله حاكم الكسب الاوتوماتى المحجوز زمنيا . وثمة دوائر مختلفة كثيرة لحاكم الكسب الاوتوماتى المحجوز ، ولكنها تعمل جميعها بمبدأ واحد ، هو ان الجهد السالب الحاكم للكسب يؤخذ من كاشف للذروة من نوع خاص تختار حالة تشغيله ، بحيث يظل فى حالة القطع خلال معظم دورة المسح الافقى ( اكثر من ٨٠٪ من الوقت ) ، فتبقى فلطية خرجه غير معتمدة على محتوى الصورة وتأثير الضوضاء . ولا تغير حالة الكاشف من القطع الى التوصيل الا عندما تؤثر عليه فى نفس الوقت

( في حالة تزامن مولد المسح الافقى ) نبضات التزامن التى تتضمنها الاشارة  
الصورية المؤلفة ونبضات الارتداد المأخوذة من ملف خاص من محول الخرج  
الافقى .

وبين الشكل ١٣ - ٢٨ رسما مبسطا لاحدى الدوائر العملية لحاكم  
الكسب الاوتوماتى المحجوز . ويستخدم فى هذه الدائرة صمام ثلاثى يوصل



الشكل ١٣ - ٢٨ . دائرة حاكم الكسب الاوتوماتى المحجوز

كاثوده مع كاثود المكبر الصوتى ، وبهذا تسلط عليه الاشارة الصورية المؤلفة .  
وتوصل بين انود الصمام الثلاثى والارض مقاومتا الحمل  $R_4$  و  $R_5$  . وتسلط على  
الانود عن طريق المكثف  $C_1$  نبضات موجبة تؤخذ من محول الخرج الافقى .  
وينقل جزء من فلطية الكاثود من المقاومة المتغيرة  $R_8$  الى شبكة الصمام الثلاثى .  
وعلى هذا النحو ، عند غياب نبضات الارتداد الافقى يكون جهدا الشبكة  
والانود سالبين بالنسبة الى الكاثود ، فيجعلان الصمام فى حالة القطع .

واذا كان مولد المسح الافقى فى حالة التزامن ، فان نبضات الارتداد  
الافقى ونبضات التزامن المصاحبة للاشارة الصورية تؤثر على الصمام الثلاثى  
فى آن واحد ، فتدفعه الى حالة التوصيل ، ومن ثم يتم شحن المكثف  $C_1$   
كما مبين فى الشكل . وطالما ان النبضات المأخوذة من محول الخرج الافقى  
ثابتة المقدار ، فان شحنة المكثف تتغير تغيرا متناسبا مع اتساع الاشارة

الصورية المؤلفة . وتحدث هذه الشحنة على مقاومتي حمل الصمام  $R_4$  و  $R_5$  فلطية سالبة تسلط على شبكات صمامات التكبير للتحكم في الكسب .  
وفي حالة استقبال الاشارات الضعيفة تصل من حمل الصمام الثلاثي  $R_4$  و  $R_5$  الى أنود الثنائي  $D$  فلطية سالبة اقل من الفلطية الموجبة المأخوذة من مقسم الفلطية  $R_9$  و  $R_{10}$  عن طريق المقاومة  $R_8$  . وينجم عن ذلك ان يكون الثنائي  $D$  في حالة التوصيل ، فتكون مقاومته صغيرة جدا . وفي هذه الحالة يسלט على صمامات تكبير ترددات اللاسلكي والتردد الاوسط انحياز صفري يجعلها تعطى اقصى كسب .

وعندما تزداد الاشارة الداخلة الى جهاز التلفزيون ، ترتفع الفلطية الناتجة على حمل الصمام الثلاثي وتدفع الثنائي الى حالة القطع . وعندئذ يصل الى شبكات مكبرى ترددات اللاسلكي والتردد الاوسط انحياز سالب يتناسب مع شدة الاشارة المستقبلة .

ويتم ضبط مستوى التباين الابتدائي ، المحافظ عليه بالتحكم الاوتوماتي في الكسب ، بواسطة المقاومة المتغيرة  $R_8$  . وتستعمل هذه المقاومة احيانا كحاکم يدوي للتباين ، وتركب عندئذ على اللوحة الامامية للجهاز . ولكن التحكم اليدوي في التباين يتم غالبا بتغيير كسب المكبر الصوري . وفي هذه الحالة تستخدم المقاومة المتغيرة  $R_8$  كضابط ثانوي للتباين وتركب داخل الجهاز . ويمكن باستخدام حاکم الكسب الاوتوماتي المحجوز ، المصمم والمضبوط جيدا ، ضمان عدم تغير فلطية خرج جهاز الاستقبال عمليا ( اى ضمان عدم تغير التباين عمليا ) لدى تغير اشارة الدخل ١٠٠٠ مرة .

وتنبغي الاشارة الى ان حاکم الكسب الاوتوماتي المحجوز لا يعمل جيدا الا بوجود التحكم الاوتوماتي في تردد وطور المسح الافقى . فبدون التزامن القصورية يمكن ان يحدث عدم تواقف عشوائي بين نبضات التزامن ونبضات الارتداد الافقى ، فيبقى صمام حاکم الكسب الاوتوماتي المحجوز في حالة القطع ، ويتوقف عن اعطاء فلطية التحكم ، ومن ثم يعمل المكبر في حالة التكبير الاعظم ، وقد يؤدي ذلك الى اقتضاب نبضات التزامن واختلال عمل فاصل التزامن ، وعندئذ يستحيل انتاج الصورة على الشاشة .



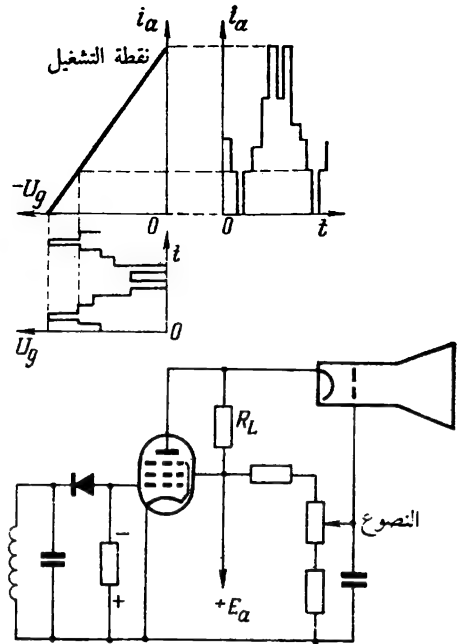
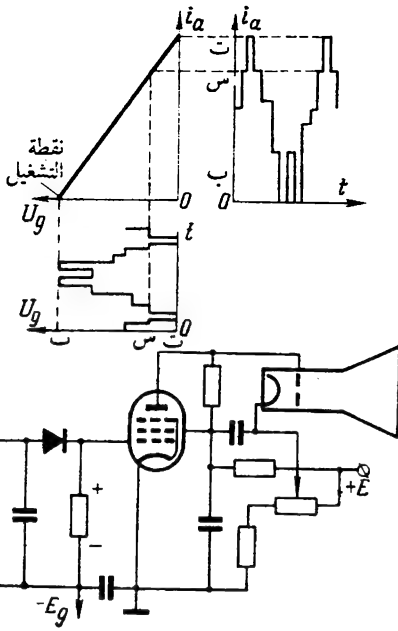
٩) المكبر الصوري : سبق ان تعرضنا لدوائر المكبرات الصورية وعملها في الفصل التاسع . ولذلك ستوقف هنا فقط على بعض المسائل الخاصة بعمل المكبرات الصورية في اجهزة الاستقبال .

ان متطلبات الحصول على الاستجابة الترددية الجيدة لجهاز الاستقبال والعمل الفعال لمنظومة التحكم الاوتوماتي في الكسب تستلزم ان يكون مكبر التردد الاوسط ثلاثي او رباعي المراحل . وتبلغ فلطية خرج الكاشف عندئذ عدة فولطات . وطالما ان الفلطية اللازمة للحفز الكامل لأنبوب الصورة هي حوالى ٤٠ - ٨٠ فولط ، فان التكبير اللازم للاشارة الصورية يمكن ان يتم بمرحلة واحدة فقط . وعند الاكتفاء بمرحلة واحدة لتكبير الاشارة الصورية يكون من الاسهل ضمان النقل المباشر للمركبة المستمرة واستقرار عمل المكبر وتوليفه . ولذلك تستخدم فى اغلب اجهزة التلفزيون العصرية مكبرات صورية احادية المرحلة .

ولكن طريقة تقارن المكبر الصوري الاحادى المرحلة مع انبوب الصورة لتحدد كلية بطريقة توصيل الثنائي الكاشف . فاذا كانت اشارة خرج الكاشف سالبة القطبية ( الشكل ١٣ - ٢٥ - أ ) ، فان اشارة خرج المكبر الصوري ينبغي ان تسلط على كاثود الانبوب ( الشكل ١٣ - ٢٩ ) . واذا كانت اشارة خرج الكاشف موجبة القطبية ( الشكل ١٣ - ٢٥ - ب ) ، فان حفز الانبوب يجب ان يتم بتسليط الاشارة على الكترود التحكم ( الشكل ١٣ - ٣٠ ) .

وتتميز الدائرة المبينة بالشكل ١٣ - ٢٩ بأن صمام المكبر الصوري يعمل عند غياب الاشارة بانحياز صفري يناظره تيار انود كبير الشدة . ويؤدي تسليط الاشارة الصورية السالبة الى نقصان تيار انود الصمام ، ولكن رؤوس نبضات التزامن ينبغي ان تبقى فى هذه الحالة فيما وراء نقطة القطع .

اما صمام المكبر الصوري المبين بالشكل ١٣ - ٣٠ ، فهو يعمل بانحياز سالب كبير لكى تقع الاشارة الصورية الموجبة فى منطقة تشغيل الصمام على المنحنى المميز  $u_g - i_a$  . وفى هذا الحالة تكون رؤوس نبضات التزامن مناظرة لتيارات الانود القصوى .



الشكل ١٣ - ٣٠ . دائرة لمكبر صوري يجرى التحكم فيه بإشارة موجبة : ب - مستوى الابيض ؛ س - مستوى الاسود ؛ ت - مستوى قسم نبضات التزامن

الشكل ١٣ - ٢٩ . دائرة لمكبر صوري يجرى التحكم فيه بإشارة سالبة

ومن مزايا الدائرة الاولى ان المكبر الصوري يقتضِب الضوضاء التي تتعدى مستوى نبضات التزامن وانه يعطى القطبية اللازمة لفواصل التزامن . ولذلك تستخدم مثل هذه الدائرة في جميع اجهزة التلفزيون العصرية تقريبا .

وطالما ان نقطة تشغيل المكبر الصوري المناظرة لمستوى الابيض على المنحنى المميز ثابتة اساسا ، فان مستوى الاسود يتغير تبعاً لاتساع الإشارة الصورية ، ويمكن ان يقع على المنحنى المميز في نقط مختلفة اشد الاختلاف ، ومن ثم يعطى على الشاشة نصوعاً مختلفاً .

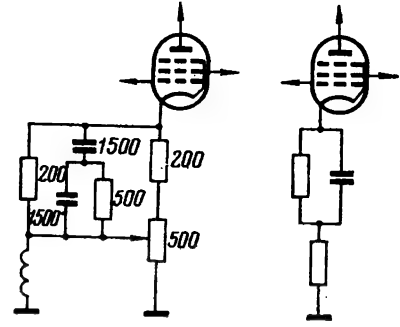
ولكى تكون الصورة الناتجة على الشاشة جيدة التباين ، ينبغي ضبط فلطية انجياز انبوب الصورة ، بحيث يظل مستوى الاسود في الإشارة مناظراً للتفاصيل السوداء في الصورة . ويتم ذلك بواسطة الحاكم اليدوي او الاوتوماتي للنصوع .

وبما ان مقاومة حمل انود المكبر الصورى يجب الا تؤخذ كبيرة جدا ، حتى يمكن تكبير نطاق ترددى عريض لدرجة كافية ، فان الصمام المستخدم فى المكبر الصورى ينبغى ان يكون ذا تيار كبير نسبيا من اجل الحصول على فلطية الخرج اللازمة .

وكما سبق ان ذكرنا ، يبلغ اتساع الاشارة اللازمة لحفز انبوب الصورة ٨٠ فولط وربما اكثر . وقد كان الحصول على مثل هذه الفلطيات بواسطة المكبرات الترانزستورية صعبا جدا حتى الاونة الاخيرة . فمن اجل الحصول على اتساع الاشارة المذكور ، ينبغى ان تكون فلطية منبع مجمع الترانزستور اكثر من ١٠٠ فولط ، بينما كانت اغلب الترانزستورات سابقا لا تتحمل فلطية تزيد عن حوالى ٢٠ فولط . ولذلك لم يكن من الممكن تصميم المكبر الصورى الترانزستورى الا بتوصيل عدة ترانزستورات على التوالى فى مرحلة الخرج . ولقد تم حاليا التوصل الى انتاج ترانزستورات قادرة على تحمل فلطيات عالية لدرجة كافية . ولكن ضرورة التوفيق بين المكبر الصورى والكاشف تتطلب رغم ذلك استخدام ترانزستورين . ويوصل الترانزستور الاول بطريقة المجمع المشترك ، كتابع باعثنى ، ليعطى معاوقة دخل مرتفعة يمكن توفيقها بسهولة مع الكاشف . ويوصل ترانزستور الخرج بطريقة الباعث المشترك التى تعطى اعلى كسب ، او بطريقة القاعدة المشتركة التى تتيح فلطية اكبر لمجمع الترانزستور .

( ١٠ ) معادلة استجابة المكبر الصورى : يتم الحصول على النطاق الترددى العريض اللازم للمكبر الصورى بمعادلة استجابته للترددات العالية . وكثيرا ما تستخدم لذلك عدة ملفات ذروة ، كما تستخدم فى بعض الحالات دوائر ذات تقارن متبادل . ويفضل ان تكون ملفات التعادل ذات قلوب حديدية متحركة حتى يمكن توليفها ، بحيث يتم الحصول على احسن استجابة ترددية . وتتم عملية معادلة المكبر الصورى احيانا باستخدام تغذية خلفية معتمدة على التردد فى دائرة كاثود الصمام . ويمكن اختيار هذه التغذية الخلفية ثابتة ( الشكل ١٣ - ٣١ - أ ) او متغيرة ( الشكل ١٣ - ٣١ - ب ) .

ويمكن استخدام مثل هذه التغذية الخلفية ، بثابت زمني آخر ، لاحداث تشوهات طورية فى المكبر الصورى تعوض التشوهات التى تنشأ حتما فى مكبر التردد الاوسط . واكثر هذه التشوهات ازعاجا هى التى تحدث فى النطاق الترددى المحيط بالموجة الحاملة فى حدود



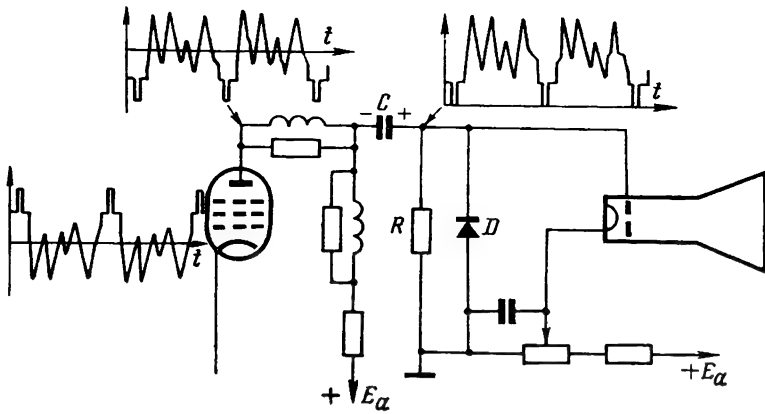
ب

الشكل ١٣ - ٣١ . تصحيح التردد والطور بواسطة تغذية خلفية سالبة : أ - ثابتة ؛ ب - يمكن ضبطها

من العلاقة  $f = 0.75 \cdot 10^6 = \frac{1}{4RC}$  ،

تكون التشوهات الطورية الناتجة فيه مساوية تقريبا بالمقدار ومعاكسة بالعلامة للتشوهات التى تحدث فى مكبر التردد الاوسط ، بحيث يتم الغاء هذه التشوهات . (١١) المركبة المستمرة : ان متطلبات اعادة انتاج صور الاشياء المتلفزة بدون تشويه والتشغيل الامثل لأنبوب الصورة تستلزم كما ذكرنا فى الفصل الحادى عشر ان تصل المركبة المستمرة للإشارة الصورية المتضمنة لتغيرات متوسط نصوع الشئ المتلفز الى انبوب الصورة بدون عائق . وتكون اشارة الصورة قبل كشفها فى جهاز الاستقبال محمولة على تردد مرتفع ، فتمر من خلال مكبر ترددات اللاسلكى ومكبر التردد الاوسط مروراً حراً . ولكنها تعود بعد الكشف الى شكلها الطبيعى ، فلا يعد فى وسع مركبتها المستمرة المتغيرة بتردد يقل عن ٢ - ٣ هرتز ان تجتاز مكثفات التقارن .

ولذلك ، عندما لا يكون بالامكان الاستغناء عن مكثفات التقارن لدى تصميم المكبرات الصورية ( كما فى حالة المكبرات الصمامية المتعددة المراحل ) ؛ ينبغى استخدام الدوائر الخاصة باستعادة المركبة المستمرة . ويبين الشكل ١٣ - ٣٢ دائرة بسيطة لا ستعادة المركبة المستمرة فى جهاز الاستقبال التلفزيونى . وتكون نبضات التزامن وجزئياً نبضات الاطفاء فى خرج المكبر الصورى سالبة القطبية . وتقوم كل نبضة تزامن وجزء من نبضة



الشكل ١٣ - ٣٢ . دائرة استعادة المركبة المستمرة في جهاز تلفزيون

الاطفاء بدفع الثنائي  $D$  الى حالة التوصيل وشحن المكثف  $C$  حتى فلطية تساوى مجموع مقدارى نبضة التزامن والجزء السالب لنبضة الاطفاء . وبنتيجة شحن المكثف يصبح لوحه المتصل بالالكترود الحاكم لأنبوب الصورة موجب الشحنة . وعندما تنتهى نبضة الاطفاء ، تبدل قطبية الإشارة ، فيصير الثنائي  $D$  فى حالة القطع ، ويبدأ المكثف  $C$  بتفريغ شحنته عن طريق المقاومة  $R$  ومنبع الأنود  $E_a$  . ويختار الثابت الزمنى  $RC$  ، بحيث لا يلحق المكثف  $C$  ان يفرغ جزءا ملحوظا من شحنته حتى تأتى نبضة التزامن التالية وتشحنه ثانية . وتضاف الفلطية الموجبة « المستمرة » الناتجة على المكثف  $C$  الى الإشارة الصورية كما لو انها ترفعها . وبذلك يحافظ اوتوماتيا على ثبات مستوى نبضات التزامن فى الإشارة المسلطة على انبوب الصورة ، ويظل هذا المستوى قريبا جدا من جهد الأرض مهما تغيرت شدة اضاءة الاطار المتلفز ، بحيث نحصل من اشارة المنظر النير على صورة نيرة ومن اشارة المنظر القاتم على صورة قاتمة .

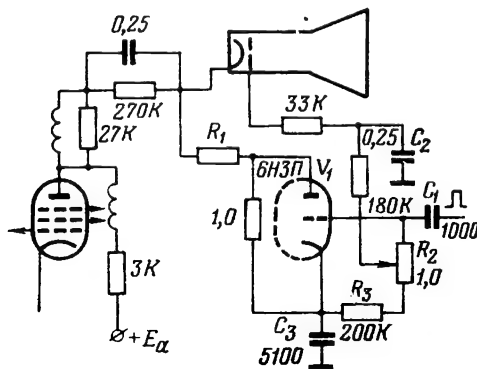
ومن عيوب الدوائر البسيطة لاستعادة المركبة المستمرة بثنائى واحد حساسية هذه الدوائر للضوضاء النبضية وبعض عدم الاستقرار فى تثبيت مستوى الاسود . فعندما تتعدى نبضات الضوضاء مستوى نبضات التزامن ، يحدث « انزياح » لمستوى الاسود . ويعتمد متوسط نصوع الصورة كذلك على تغيرات

مستوى قمم نبضات التزامن . الى جانب ذلك ، يقوم مكثف التقارن بتفريغ جزء من شحنته خلال فترة المسح الافقى ، ومن ثم «تتلاق» نقطة التشغيل وينخفض النصوص على طول خط المسح لدرجة ملحوظة .

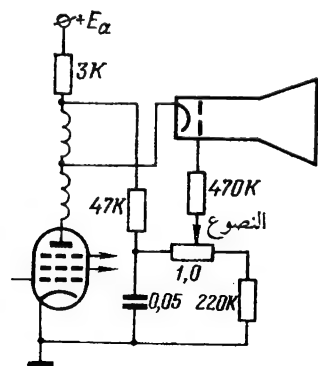
(١٢) حاكم النصوص الاوتوماتى : ان ضبط تباين الصورة بتغيير كسب المكبر الصورى المستخدم عادة (راجع الشكل ١٣ - ٢٩) يؤدى كما سبق ان ذكرنا الى تغيير مستوى الاسود ، مما يستلزم ضبط النصوص ايضا . ويمكن طبعا ان نتحكم فى النصوص يدويا ، ولكن هذا غير ملائم مطلقا عمليا . ولذلك تزود كثير من الاجهزة بحواكم اوتوماتية للنصوص .

وأبسط طريقة للتحكم الاوتوماتى فى النصوص هى تغذية مجزئ الفلطفية الضابط للنصوص من انود المكبر الصورى بدلا من تغذيته من القطب الموجب لمنع الانود (الشكل ١٣ - ٣٣) . فعند ضبط التباين تتغير فى نفس الوقت فلطفية الاشارة الصورية المسلطة على كاثود انبوب الصورة وفلطفية الكتروده الحاكم ، ويبقى الفرق بين الفلطيتين ثابتا تقريبا ، ولذا لا يتغير متوسط نصوص الصورة اقليل . ولكن هذه الدائرة لا تضمن ثبات مستوى الاسود .

ومن اكثر دوائر التحكم الاوتوماتى فى النصوص كمالا ما يسمى حاكم النصوص الاوتوماتى المحجوز ، المبين بالشكل ١٣ - ٣٤ . وتسلط على شبكة الصمام  $V_1$  عن طريق المكثف  $C_1$  نبضات موجبة تتولد على ملف اضافى لمحول الخرج الافقى فى فترات الارتداد . وتقوم هذه النبضات بدفع الصمام الى



الشكل ١٣ - ٣٤ . دائرة «محجوزة» للتحكم الاوتوماتى فى النصوص



الشكل ١٣ - ٣٣ . دائرة بسيطة للتحكم الاوتوماتى فى النصوص

حالة التوصيل ، فيسيل تيار الشبكة ويشحن المكثف  $C_1$  ، ومن ثم تظهر على الشبكة فلطية سالبة ( حوالى ١٤٠ فولط ) تجعل الصمام فى حالة القطع خلال فترة المسح الفعال كلها . وفى فترة تأثير نبضة الارتداد الافقى التى يكون الصمام خلالها فى حالة التوصيل يتم شحن المكثف  $C_1$  عن طريق الصمام والمقاومة  $R_1$  حتى فلطية كاثود انبوب الصورة التى تكون عندئذ مساوية لمستوى الاسود (مستوى نبضات الاطفاء) . ويمكن باختيار قيمة مناسبة للمقاومة  $R_1$  جعل الفلطية على المكثف  $C_3$  تتبع هذا المستوى .

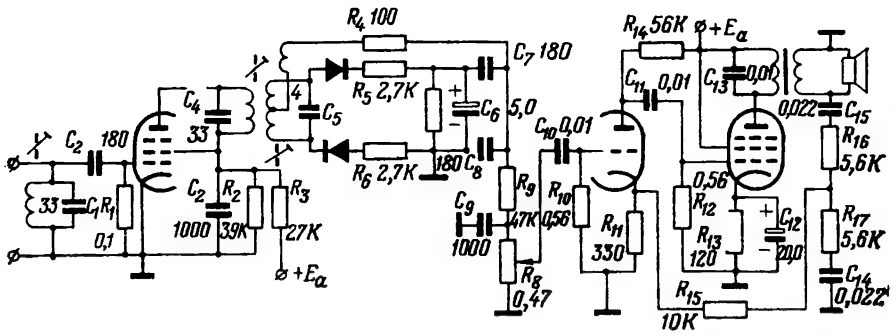
وتتكون الفلطية المسطرة على الالكترود الحاكم لانبوب الصورة من هبوط الفلطية على جزء من المقاومة  $R_2$  والمقاومة  $R_3$  والفلطية الناتجة على المكثف  $C_3$  . وتستخدم المقاومة المتغيرة  $R_2$  لضبط نضوع الصورة .

وطالما ان شحن المكثف  $C_3$  يجرى فقط فى فترات الارتداد ، فان مستوى الاسود يظل جيد الثبات مهما كان محتوى الصورة .

### البند ١٣ - ٤ قناة الصوت

( ١ ) مكبر التردد التضاربي : ان اجهزة التلفزيون العصرية تعمل كما سبق ان ذكرنا بطريقة « التضارب بين الحاملتين » ، اى يستخدم فيها كتردد اوسط للصوت تردد التضارب بين الموجتين الحاملتين للصورة والصوت . وطالما ان هذا التردد ( ٦,٥ ميگاهرتز ) اقل بحوالى ٦ مرات من التردد الاوسط للصورة ( ٣٨ ميگاهرتز ) ، وعرض نطاق الموجة الحاملة للصوت اقل بأكثر من ١٠ مرات من عرض نطاق الموجة الحاملة للصورة ، فان تصميم مكبر التردد الاوسط للصوت لا يثير اية صعوبات خاصة . فلا لزوم هنا للمرشحات المعقدة التى تستخدم فى مبكر التردد الاوسط للصورة ، بل يكفى تماما استخدام دوائر الرنين البسيطة والمحولات المولفة .

ويمكن اخذ التردد التضاربي من خرج المكبر الصورى او الكاشف . واذا اخذ من خرج المكبر الصورى ، فان التكبير اللازم له يمكن ان يتم بمرحلة تكبير واحدة فقط ( كما فى جهاز الصنف الثالث YHT-35 ذى



الشكل ١٣ - ٣٥ . دائرة قناة الصوت في جهاز تلفزيون من طراز VHT-35

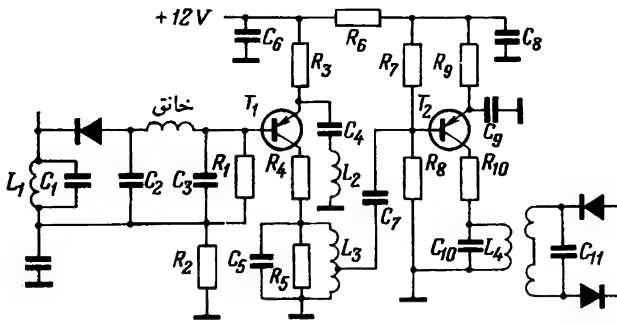
الدائرة المبينة بالشكل (١٣ - ٣٥) . وعند اخذه من خرج الكاشف ، تلزم لتكبيره مرحلتا تكبير (كما في الجهاز VHT-47/59) .

وينبغي تصميم مكبر التردد التضاربي ، بحيث تكون استجابته الترددية مستوية في نطاق عرضه حوالى ٣٠٠ كيلوهرتز ، على ان يكون هبوطها حاداً بقدر الامكان عند طرفى هذا النطاق للتخلص من الاشارات غير المرغوب فيها (وبالدرجة الاولى مركبات الترددات المرفوعة للاشارة الصورية) .

ويصمم مكبر التردد التضاربي غالباً باستخدام دائرة رنين مفردة التوليف في دائرة الشبكة ومحول مزدوج التوليف ذو تقارن اوثق من الحرج (استجابته ذات قمتين) في دائرة الانود . وبذلك نحصل على استجابة اجمالية مستوية في نطاق التمرير وذات حافتين حادتين لدرجة كافية .

وبمثل هذه البساطة التى يصمم بها مكبر التردد التضاربي الصمامى ، كذلك يمكن تصميم مكبر التردد التضاربي الترانزستورى . ويبين الشكل ١٣ - ٣٦ على سبيل المثال دائرة مكبر التردد التضاربي فى جهاز «يونس٢» . وتستخلص الاشارة التضاربية مع الاشارة الصورية على مقاومة حمل الكاشف  $R_1$  . وتوصل هاتان الاشارتان الى قاعدة الترانزستور  $T_1$  . وتوجد فى دائرة مجمع هذا الترانزستور دائرة رنين تواز  $L_3 C_5$  ، بينما توجد فى دائرة باعته دائرة رنين توال  $L_2 C_4$  . وتولف دائتا الرنين على التردد التضاربي ٦,٥ ميگاهرتز ، وتعطى دائرة التوازى (الملف  $L_3$  بالذات) معاوقة ضئيلة فى النطاق الترددى

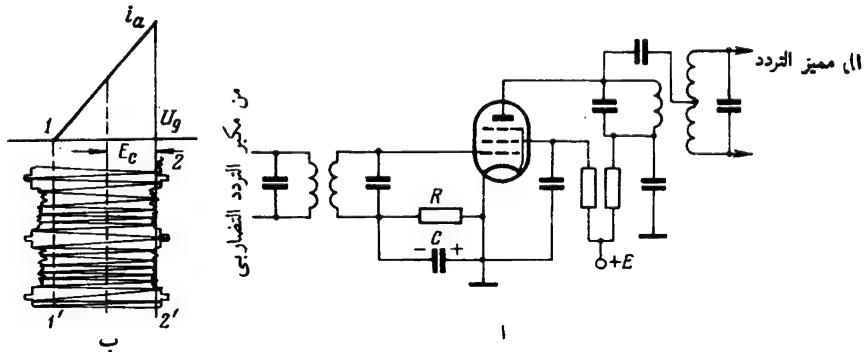




الشكل ١٣ - ٣٦. دائرة مكبر التردد التضاربي في جهاز تلفزيون من طراز « يونست »

الممتد من الصفر حتى ٥,٥ ميگاهرتز ، ولذا يمكن اعتبار الترانزستور  $T_1$  موصلًا لدى الترددات الصورية بطريقة المجمع المشترك ( كتاب باعثي ) ، ومقاومة حملة عندئذ هي  $R_8$  . وتبدى دائرة التوالى معاوقة منخفضة جدا لدى التردد ٦,٥ ميگاهرتز ، فيعمل الترانزستور  $T_1$  عند هذا التردد بطريقة الباعث المشترك ويتمثل حملة في هذه الحالة بدائرة التوازي  $L_3 C_5$  . وتؤخذ الإشارة التضاربية المكبرة من جزء من الملف وتنقل عن طريق المكثف  $C_7$  الى قاعدة الترانزستور  $T_2$  . ويعمل هذا الترانزستور بطريقة الباعث المشترك ، وتوصل بدائرة مجمعه دائرة الرنين الابتدائية  $L_4 C_{10}$  لكاشف التردد .

( ٢ ) محدد الاتساع : ان محدد الاتساع ذو دائرة مشابهة لدائرة المكبر العادى ، ولكنه يتميز بحالة تشغيل خاصة . فعند تسليط إشارة التردد التضاربي على دخل محدد الاتساع ( الشكل ١٣ - ٣٧ ) ، يسيل تيار الشبكة ويحدث



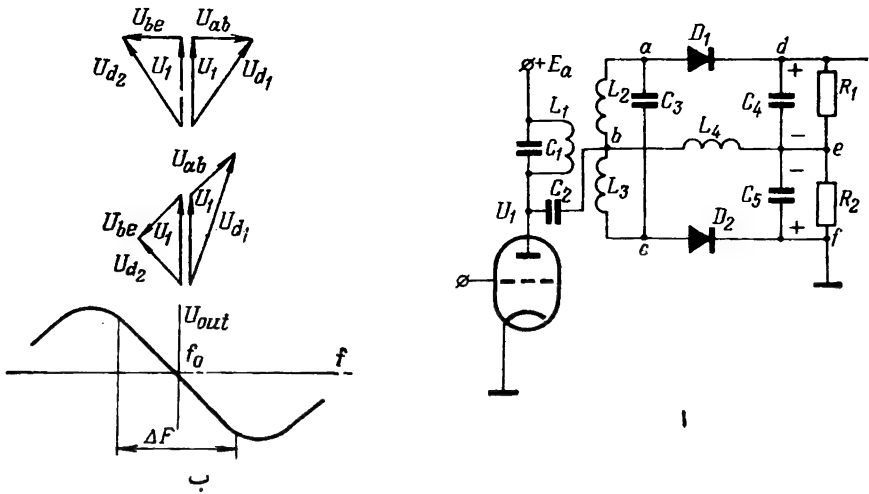
الشكل ١٣ - ٣٧. دائرة لمحدد لاتساع ورسم بياني يوضح عمله : التحديد على الخط 1' - 1 على حساب قطع تيار الانود ؛ والتحديد على الخط 2 - 2' على حساب قطع تيار الشبكة

على المقاومة  $R$  هبوطا في الفلطة يؤدي الى انزياح نقطة التشغيل على المنحنى المميز  $i_a - u_g$ . ويختار الثابت الزمني  $RC$  اكبر كثيرا (بحوالى مئة مرة) من مدة دور الاشارة التى يراد الحد منها. ويترتب على ذلك ان يحافظ المكثف  $C$  على الفلطة  $E_c$  التى يحصل عليها (فى حالة الاستقرار) عند شحنه بالانصاف الموجبة لدورات الاشارة، فلا يلحق ان يفرغ اى جزء ملحوظ من شحنته خلال انصاف الدورات السالبة، وتكفى لاستعادته للفلطة  $E_c$  فى كل دورة نبضة تيار ضئيلة جدا. وتكون فلطة الانحياز  $E_c$  كبيرة لدرجة ان قمم انصاف الدورات الموجبة فقط تنجح الى منطقة تيارات الشبكة. وعلى هذا النحو يتم كبت الغلاف العلوى (الموجب) لتعديل الاتساع الطفيلي للاشارة التضاربية على حساب تيارات الشبكة.

وتختار فلطيتا شبكة وانود الصمام المحدد منخفضتين نسبيا، بحيث يكون جهد قطع تيار الانود اقل من اتساع الاشارة التى يراد الحد منها. وبذلك تتم ازالة الغلاف السفلى (السالب) لتعديل الاتساع الطفيلي على حساب قطع تيار الانود (الشكل ١٣ - ٣٧ - ب).

(٣) كاشف التردد: ثمة انواع عديدة لكواشف التردد، وقد شاع منها فى اجهزة التلفزيون نوعان هما مميز التردد وكاشف النسبة. ويبين الشكل ١٣ - ٣٨ دائرة المميز. وتولف دائرتا الرنين  $L_1 C_1$  و  $L_2 L_2 C_3$  بدقة على التردد التضاربي ٦,٥ ميغاهرتز. وعند تسليط هذا التردد على دخل المميز، تظهر على الملف الثانوى  $L_2 L_3$  فلطية منزاحة من حيث الطور بمقدار  $90^\circ$  بالنسبة الى الفلطة على الملف الابتدائى  $L_1$ . ويزود الملف الثانوى بتفريعة منتصف  $b$  لتقسيم الفلطة بين طرفيه  $U_{ac}$  الى نصفين متساويين  $U_{ab}$  و  $U_{bc}$ . وتنقل الى تفريعة المنتصف  $b$  كل الفلطة الموجودة على الملف الابتدائى.

ويعمل الثنائيان  $D_1$  و  $D_2$  مع المقاومتين  $R_1$  و  $R_2$  والمكثفين  $C_4$  و  $C_5$  ككاشفى اتساع عاديين. ويستخدم الملف  $L_4$  كملف خائق. وبما ان الطرف الايمن لهذا الملف  $e$  مؤرض بالنسبة الى التيار المتردد عن طريق المكثف  $C_6$ ، فان الفلطة بين طرفيه تساوى  $U_1$ . وكما نرى من الشكل ١٣ - ٣٨ - أ، تتكون كل من فلطيتي التردد العالى المسلطتين على كاشفى الاتساع كمجموع



الشكل ١٣ - ٣٨. دائرة للمميز ؛ ورسمان للموجّهات يوصفان عمله ، واستجابته الترددية

هندسى للفلطية الموجودة على الخائق  $U_1$  وأحد نصفى الفلطية الموجودة على الملف الثانوى (  $U_{ab}$  للثنائى  $D_1$  و  $U_{bc}$  للثنائى  $D_2$  ) . وينجم عن انزياح هاتين الفلطيتين فى الطور بمقدار  $90^\circ$  ان يتساوى مقدار الفلطيتين المسلطتين على الثنائيين  $U_{d1}$  و  $U_{d2}$  ( الشكل ١٣ - ٣٨ - ب ) . ولذلك تنتج عند كشفهما على الحملين  $R_1$  و  $R_2$  فلطيتان مستمرتان متساويتان . وطالما ان الثنائيين موصولان باتجاهين متعاكسين بالنسبة الى حليلهما ، فان فلطية الخرج الناتجة بين النقطتين  $d$  و  $f$  تساوى الصفر .

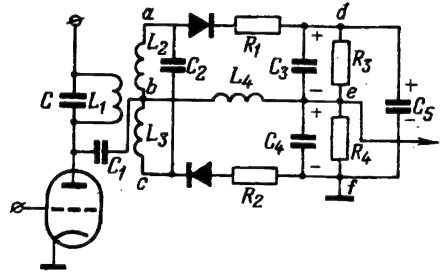
وعند تعديل تردد جهاز الارسال ، ينحرف التردد الواصل إلى المميز عن قيمته الاسمية ( ٦,٥ ميغاهرتز ) ، فيختل توليف دائرتى رنين المميز بالنسبة الى ذلك التردد ، ومن ثم يتغير انزياح طور الفلطية الثانوية عن طور الفلطية الابتدائية ( الشكل ١٣ - ٣٨ - ج ) . وفى هذه الحالة يختلف مقدار الفلطيتين المؤثرتين على الثنائيين ، فتصبح الفلطيتان المقومتان الناتجتان على حملى الكاشفين غير متساويتين ، وبذلك نجد ان فلطية الخرج المساوية للفرق بين الفلطيتين المقومتين مختلفة عن الصفر . وتكون فلطية الخرج موجبة او سالبة تبعا لجهة انحراف التردد المسلط على المميز عن تردد الرنين .

ويبين الشكل ١٣ - ٣٨ - د الاستجابة الترددية للمميز ، اى تبعية فلطية خرجه للتردد .

ويستخدم لكشف تعديل التردد الجزء المستقيم من هذه الاستجابة ( $\Delta F$ ) . ويفسر انخفاض فلطية الخرج عند انحراف التردد كثيرا عن قيمته الرنينية بالخواص الانتقائية لدوائر الرنين التى لا تمرر الا الترددات القريبة من تردد الرنين .

واذا كانت الذبذبات المسلطة على المميز تتغير فى نفس الوقت من حيث التردد والاتساع ، كما يحدث مثلا نتيجة للتعديل الطفيلى لاتساع الموجة الحاملة للصوت باشارة الصورة ، فان اشارة الخرج تتأثر بذلك تأثرا كبيرا (بالزيادة او النقصان) . فمن اجل

منع تسرب اشارة الصورة الى قناة الصوت ، ولتلافى ازيز التردد الرأسى الناجم عن ذلك ، ينبغى ان يستخدم قبل المميز محدد فعال يزيل تعديل الاتساع المزيف لذبذبات التردد التضاربي .



الشكل ١٣ - ٣٩ . دائرة كاشف النسبة

وتعتبر الحاجة الى محدد جيد للاتساع عيبا من عيوب المميز . ويخلو من هذا العيب ما يسمى كاشف النسبة ذو الدائرة المبينة بالشكل ١٣ - ٣٩ .

وتتميز هذه الدائرة عن دائرة المميز بأن الثنائيين موصولان فيها باتجاهين مختلفين ، بحيث تجمع الفلطيتان المقومتان على حملى الثنائيين بدلا من ان تطرحا . وعند انحراف التردد تزداد الفلطية الناتجة على حمل احد الثنائيين ، وبنفس المقدار تقل الفلطية الناتجة على حمل الآخر ، فتظل المحصلة على كلا الحملين ثابتة القيمة . وتؤخذ فلطية خرج كاشف النسبة من حمل احد الثنائيين (من  $R_4$  مثلا) .

ويستخدم المكثف الكبير السعة  $C_3$  (الموصل على التوازي مع كلا الحملين) والمقاومتان  $R_1$  و  $R_2$  ايضا لمنع حدوث اية تغيرات سريعة فى الفلطية

الموجودة بين النقطتين  $d$  و  $f$  ، كذلك التي يمكن ان تنجم عن التعديل غير المرغوب فيه لاتساع الاشارة التضاربية باشارة الصورة . وبذلك يتم ايضا التخلص من تأثير تعديل الاتساع غير المرغوب فيه على فلتية الخرج المأخوذة من احدى مقاومتي الحمل ( $R_4$ ) .

وتؤدي التغيرات البطيئة في اتساع الاشارة التضاربية الى تغيرات بطيئة مماثلة في الفلتية الموجودة على المكثف  $C_5$  . ويمكن استخدام هذه الفلتية للتحكم الاوتوماتي في كسب جهاز الاستقبال بتسليطها على شبكات صمامات التكبير .

هذا وان الدوائر العملية لكاشف النسبة المستخدمة في اجهزة التلفزيون كثيرا ما تكون معدلة ومبسطة كالدائرة المبينة بالشكل ١٣ - ٣٥ .

( ٤ ) خفض الذروة : ان استخدام تعديل التردد لارسال الصوت يسمح بتحسين نسبة الاشارة السمعية الى الضوضاء في خرج جهاز الاستقبال بواسطة « رفع الذروة » قبل الارسال . ويقصد بذلك رفع كسب الترددات العليا للاشارة السمعية التي تعدل تردد جهاز الارسال .

ويمكن استعادة النسبة الطبيعية بين مركبات الترددات العليا ومركبات الترددات السفلى في جهاز الاستقبال باجراء ما يسمى خفض الذروة ، اى باضعاف الترددات العليا . وتتم عملية خفض الذروة بواسطة دائرة تكامل ( كالدائرة  $C_5 R_5$  في الشكل ١٣ - ٣٥ ) . ولا تؤول هذه العملية الى خفض مستوى مركبات الترددات العليا للاشارة السمعية فحسب ، بل تؤول ايضا الى اضعاف مركبات الترددات العليا لضوضاء قناة الارسال بنفس النسبة .

### البند ١٣ - ٥ وسائل توليف وضبط اجهزة التلفزيون

يزود كل جهاز تلفزيون بعدد كبير نسبيا من الحواكم والضوابط . وتستخدم بعض الحواكم بكثرة ( اثناء استقبال البرامج التلفزيونية ) ، ولذا تركب على اللوحة الامامية للجهاز لتتيسر ادارتها ، بينما تركب الحواكم والضوابط الاخرى التي يندر استخدامها على الجدار الخلفي للجهاز او في داخله ( وهي تستخدم اساسا عند ضبط الجهاز في المصنع فقط ) .

وستعرض باختصار للغرض من الحواكم والضوابط الاساسية .

( ١ ) حاكم التوليف : من الضروري توليف جهاز التلفزيون على تردد الارسال ، شأنه في ذلك شأن أى جهاز استقبال . ويولف جهاز التلفزيون عادة بتبديل ملفات مكبر ترددات اللاسلكى والمزاج والمذبذب المحلى ( بادارة منتخب القنوات ) وبالضبط الاضافى الدقيق لتردد المذبذب المحلى ( بواسطة مكثف متغير السعة ) . ويتم التوليف على الترددات بعد العالية عادة بالتغيير المتصل للتردد ( بواسطة مكثف متغير السعة او فجوة رنانة ذات كباس متحرك ) .

( ٢ ) حاكم التباين : ان الحاكم الاوتوماتى للكسب الذى تزود به غالبية اجهزة التلفزيون العصرية يضمن ثبات اشارة خرج جهاز التلفزيون ، ومن ثم يضمن ثبات تباين الصورة . ولكن من الضروري ان يكون بإمكان المشاهدين ضبط تباين الصورة حسب تذوقهم . ولذلك ينبغى ان يوجد فى جهاز التلفزيون حاكم يدوى اضافى للكسب . ويتم التحكم فى التباين فى اغلب الاجهزة العصرية بتغيير كسب المكبر الصورى . وتستخدم من اجل هذا طرائق كثيرة ، منها تغيير جهد الشبكة الحاجبة لصمام المكبر الصورى بواسطة مجزئ جهد او تغيير انحياز الشبكة الحاكمة للصمام او تغيير الانحياز ومقدار التغذية الخلفية من الكاثود الى الشبكة فى آن واحد .

( ٣ ) حاكم النصوص ( الاضاءة ) : يستخدم حاكم النصوص او الاضاءة لضبط حالة تشغيل انبوب الصورة ، بحيث يتم قطع شعاع انبوب الصورة واطفاء ضوء الشاشة عمليا ، عندما تكون الاشارة الصورية على مستوى الاسود . وتختار نقطة تشغيل انبوب الصورة على المنحنى المميز بتغيير فلتية انحياز الالكترود الحاكم .

( ٤ ) ضبط التركيز : ان الغرض من التركيز هو تصغير مقاس النقطة المضئية الناتجة على الشاشة من اجل الحصول على احسن بيان لتفاصيل الصورة . ويتم التركيز فى انابيب الصورة المستخدمة فى الاجهزة العصرية بالطريقة الالكتروستاتية . وتتميز هذه الانابيب بأن جودة التركيز فيها لا تتأثر كثيرا عند تغيير جهد الكترود التركيز . ولذلك يستغنى فى كثير من اجهزة التلفزيون عن استخدام حاكم خاص للتركيز ، ويكتفى بضبط التركيز عند تركيب او

تبديل انبوب الصورة باختيار جهد مناسب من الجهود التي يمكن ان يوصل اليها الكترود التركيز . : ١٣٠ ، ٢٥٠ ، ٦٠٠ فولط ( وبالطبع ، يمكن ان تختلف هذه القيم نوعا ما باختلاف طراز جهاز التلفزيون ) . ويؤخذ جهد التركيز في بعض الحالات من مجزىء للجهد يمكن ضبطه بسلاسه في الحدود اللازمة .

( ٥ ) ضوابط الهيكل الخطي : ثمة مجموعة كبيرة من ضوابط جهاز التلفزيون تستخدم لضبط الهيكل الخطي ، ومن ضمنها ضوابط خطية المسح الافقى والرأسى والارتفاع والعرض والمؤكزة (الوسطنة) ، وكذلك ضابطة الثبات الافقى والرأسى .

( ٦ ) التحكم في جهاز التلفزيون عن بعد : من الملائم تزويد جهاز التلفزيون بوحدة نقالة تسمح بالتحكم عن بعد في بعض بارامتراته ( كالنصوع والتباين والجهارة ) . وتوصل هذه الوحدة الى جهاز الاستقبال بواسطة كابل متعدد الاسلاك ذى قابس خاص . ويختار طول الكابل عادة حوالى خمسة امتار . وتبلغ سعته عندئذ مئات البيكوفاراد . ومن غير المسموح به توصيل هذه السعة الكبيرة الى دوائر الترددات المرتفعة ودوائر الترددات الصورية أو السمعية ، لأنها تسبب اختلالا في التوافيق وتؤدي الى هبوط مستوى مركبات الترددات العليا ، كما ان الاسلاك الطويلة يمكن ان تكون مصدرا للطفيليات والتداخلات ، اذ انها تتعرض لتأثير شتى المجالات الخارجية حتى ولو كانت موضوعة في حجاب ( درع ) . وينبغي عدم توصيل وسائل التحكم عن بعد الا الى دوائر التيار المستمر التي لا تتأثر بالطفيليات والتداخلات .

### البند ١٣-٦ وحدة تغذية جهاز التلفزيون

( ١ ) الغرض من وحدة التغذية ومبدأ عملها : تستخدم وحدة التغذية لتحويل فلطية خط التيار المتردد ( ٢٢٠ أو ١٢٧ فولط ) الى فلطيات مستمرة ومتردة تغذى شتى دوائر جهاز التلفزيون .  
وتتم تغذية غالبية الاجهزة الصمامية التي تنتج في الاتحاد السوفيتي حاليا بالفلطيات التالية :

- ١ - فلطية مترددة ٦,٣ فولط لفتائل الصمامات ،
- ٢ - فلطية مستمرة - ١٧ فولط لدوائر الانحياز ،
- ٣ - فلطيتين مستمرتين + ١٥٠ و + ٢٥٠ فولط لدوائر الانودات والشبكات الحاجبة .

ويحتاج جهاز التلفزيون ايضا الى فلطية عالية لتغذية انود انبوب الصورة (حوالى + ١٥ كيلو فولط) ، وفلطية قدرها + ٦٠٠ فولط تقريبا لتغذية بعض دوائر المسح وبعض الكترودات انبوب الصورة . ولكن هاتين الفلطيتين لا تستحصلان عادة بالتحويل المباشر لطاقة التيار المتردد ، بل تستحصلان بطريقة غير مباشرة بتقويم نبضات الارتداد المتولدة فى دوائر المسح الافقى . ويتم تقويم التيار المتردد عادة بواسطة ثنائيات شبه موصلة . وتستخدم عادة عدة مقومات من اجل الحصول على الفلطيات المستمرة اللازمة بدون مقسمات للفلطية او مقاومات هبوط اضافية وما ينجم عنها من استهلاك غير مفيد للطاقة .

(٢) محول القدرة : يتم الحصول على القيم اللازمة للفلطيات المترددة بواسطة محول قدرة متعدد الملفات .

وتجهز الملفات الابتدائية عادة بتفريعات تسمح بتوصيلها الى ٢٢٠ و ١٢٧ فولط .

وتجهز الملفات الثانوية ، تبعا لدائرة التقويم ، بتفريعات منتصف او بتفريعات اخرى لكى تؤخذ منها الفلطيات اللازمة .

ويستخدم لتسخين فتايل الصمامات وفتيلة انبوب الصورة ملفان على الاقل . ولا يمكن تغذية الفتايل من ملف واحد ، لثلا يكون جهد فتيلة انبوب الصورة قريبا من الصفر ( اذ ان احد طرفي ملف تسخين فتايل الصمامات يجب ان يؤرض ) ، بينما يقع كاثوده تحت تأثير جهد انود صمام المكبر الصورى (حوالى ٢٥٠ فولط) ، ففى هذه الحالة يمكن ان يحدث انهيار بين كاثود وفتيلة انبوب الصورة ( طالما ان الفلطية المتاحة بين الكاثود والفتيلة هى ١٢٥ فولط لأغلب الاناييب ) . ويتم تفادى ذلك بتسخين فتيلة انبوب الصورة من ملف منفصل يعزل عن الشاسيه .

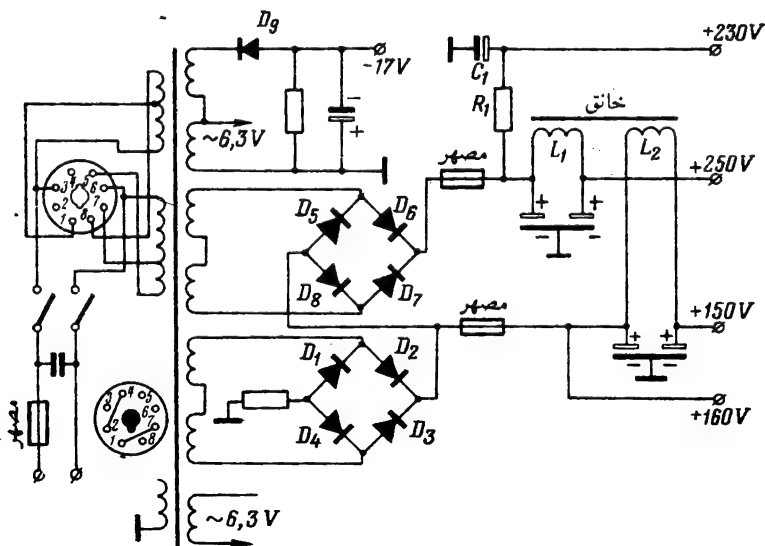


ومن اجل تلافي مرور التداخلات من خلال المحول ( من خط التيار المتردد الى جهاز التلفزيون وبالعكس ) يفصل الملف الابتدائي عن الملف الثانوي بحجاب الكتروستاتي على شكل ملف وحيد الطبقة يؤرض احد طرفيه ، او على شكل لفة واحدة غير مقللة من شريط معدني .

ومن اجل ذلك ايضا يوضع في دخل جهاز التلفزيون مرشح يتألف من مكثف او عدة مكثفات ، وقد يستخدم فيه كذلك ملفان خانقان .

( ٣ ) دائرة عملية لوحدة التغذية : يبين الشكل ١٣ - ٤٠ دائرة وحدة تغذية جهاز التلفزيون VHT-35 . وتؤخذ من قنطرة التقويم السفلى  $D_1 - D_4$  فلطية قدرها + ١٦٠ فولط تنخفض بعد الملف الخائق  $L$  الى + ١٥٠ فولط . وتعطى قنطرة التقويم الوسطى  $D_5 D_8$  فلطية تساوي تقريبا + ١٠٠ فولط . وتنتج عن توصيل القنطرتين على التوالي فلطية قدرها + ٢٥٠ فولط ( تصبح + ٢٣٠ فولط بعد المرشح الاضافي  $R_1 C_1$  ) .

ويعطى المقوم العلوى  $D_8$  جهد انحياز سالب قدره - ١٧ فولط . وتستخدم قنطرتا التقويم من اجل الترشيح ملفين خانقين ، لهما قلب



الشكل ١٣ - ٤٠ . دائرة وحدة التغذية في جهاز تلفزيون من طراز VHT-35

مشترك ، موصلين بحيث يكون المجال المغنطيسي لأحدهما معاكسا لمجال الآخر . وعلى ذلك النحو ، يعمل قلب الملفين بدون تمغنط ، فتزداد محاثتهما ( ٤ ) تثبيت فلتطيات التغذية : من المؤسف ان فلتطية خط التيار المتردد غير ثابتة لدرجة كافية ، اذ انها تتغير تغيرات بطيئة نسبيا نتيجة للتغيرات اليومية فى حمل الخط ، كما انها تتغير تغيرات سريعة عند توصيل وقطع شتى الاجهزة الكهربائية ، وخاصة الاجهزة التى تسحب تيارا كبيرا عند بدء التشغيل ، كالثلاجات مثلا . وتؤدى التغيرات البطيئة الى تغيرات مناظرة فى ابعاد الصورة وتباينها ونصوعها ، بينما تؤدى التغيرات السريعة الى رجفانها وقفزها واختلال تزامنهما .

وتضمن اجهزة التلفزيون التجارية الجودة اللازمة للصورة عند تغير فلتطية الخط فى حدود  $5 +$  و  $10 -$  % من القيمة الاسمية .

ويتم اضعاف تأثير تغيرات فلتطية الخط على استقرار وجودة الصورة فى بعض طرازات اجهزة التلفزيون بتنظيم ( تثبيت ) الفلتطية التى تغذى الدوائر الاكثر حساسية لتغيرات الفلتطية .

ويمكن ضمان استقرار عمل جهاز التلفزيون فى الاماكن التى تخرج فيها فلتطية الخط عن الحدود المذكورة بواسطة منظمات للفلطية تعمل بمبدأ الرنين المغنطيسى الحديدي . وعند تغير فلتطية الخط من  $10 +$  حتى  $35 -$  % تتغير فلتطية خرج المنظم الرنيني الحديدي بنسبة تقل عن  $5 -$  % ( ولا تتعدى  $1 -$  % عند بعض الطرازات ) . ولكن المنظمات الرنينية الحديدية لا تحمى جهاز التلفزيون الا من التغيرات البطيئة فى فلتطية الدخل .

ويتكون المنظم الرنيني الحديدي من ملف خانق يعمل فى حالة بعيدة عن تشبع القلب الحديدي وملف خانق يعمل فى حالة التشبع الكامل . ويوصل على التوازي مع الملف الخانق الثانى مكثف يشكل معه دائرة رنين . وتولف هذه الدائرة على التردد  $50$  هرتز ، عندما تكون فلتطية المنبع مساوية للقيمة الاسمية .

ويؤدى اختلاف هبوط الفلتطية على الخانق ذى القلب المشبع والخانق ذى القلب غير المشبع واختلال توليف دائرة الرنين عند تغير التيار المار بالمحاث

ذات القلب المشبع الى ضمان ثبات فلطية خرج المنظم الرنينى الحديدى نسبيا ، ومن عيوب المنظومات الرنينية الحديدية التغير الكبير فى فلطية الخرج عند تغير التردد . فعند انحراف التردد بنسبة ١ - ٢٪ تتغير فلطية الخرج بنسبة ٢ - ٣ ٪ .

اضف الى ذلك ان المنظم الرنينى الحديدى يحدث مجالا مغنطيسيا شاردا كبير الشدة يمكن ان يستحدث فى دوائر جهاز التلفزيون شتى التداخلات ، ويسبب بتأثيره على شعاع انبوب الصورة تشويشات هندسية للهيكال الخطى . ولذلك ينبغى عدم وضع المنظم قريبا جدا من جهاز التلفزيون ، ومن الضرورى اختيار وضع مناسب له .

واخيرا ، اذا مر تيار مستمر بالمنظم الرنينى الحديدى ، فهو يسبب تشبعا اضافيا للخائق الثانى ، مما يؤدى الى تغير فلطية الخرج وتشوه شكلها الموجى . ويحدث ذلك مثلا ، اذا وصلنا الى المنظم جهاز تلفزيون ذا محول ذاتى . ولذلك ينبغى عدم توصيل مثل هذا الجهاز الى المنظم الا عن طريق محول ذى ملفين منفصلين نسبة لفاتهما ١ : ١ .

ومما يجب مراعاته ان توصيل المنظم ( او المحول المنظم ) الى المنبع فى حالة عدم التحميل يمكن ان يؤدى الى اعطابه .

## الفصل الرابع عشر

# التلفزيون الملون

### البند ١٤-١ ابصار الالوان

ان الانظمة العصرية للتلفزيون الملون مبنية على اساس نظرية ابصار الالوان الثلاثية المستقبلات . وقد تقدم بفكرة هذه النظرية لومونوسوف فى عام ١٧٥٦ وطورها من بعده يونج وهلمهولتس وفيودروف وكراكوف وغيرهم من العلماء .

وبموجب هذه النظرية توجد فى شبكية عين الانسان ثلاثة انواع من المخاريط ذات حساسية طيفية مختلفة . وعند استثارة احد هذه الانواع يحدث احساس باللون الاحمر ، وعند استثارة نوع آخر يحدث احساس بالاخضر ، وعند استثارة النوع الثالث يحدث احساس بالازرق . وعند سقوط اشعة الضوء من الشئ المرئى على شبكية العين ، تتأثر فى نفس الوقت الانواع الثلاثة للمخاريط . وتبدو الاشياء المرئية بيضاء اللون ، اذا استثارت جميع المخاريط بنفس الدرجة . وعند اختلاف درجة استثارة المخاريط المختلفة ترى العين صورة ملونة .

وتدعى الالوان الاحمر والاخضر والازرق بالالوان الاساسية او الابتدائية . وهى مستقلة بعضها عن بعض ، لانه لا يمكن تكوين اى منها بمزج اللونين الآخرين . ويمكن الحصول على كل الالوان الاخرى بتأثير نسب معينة من مقادير الذبذبات الضوئية للألوان الاساسية فى ان واحد على شبكية العين . ولكل لون اساسى لون مناظر يتممه ، اى يكون معه اللون الابيض حين يمتزج به .

وتوجد ثلاث طرائق لمزج الالوان : طريقة المزج فى آن واحد وطريقة المزج على التتابع وطريقة « المزج بالعينين » .

ويمكن اجراء مزج الالوان فى آن واحد بطريقتين :

١- بأن نسقط على الشاشة ثلاث صور متشابهة ( الشكل ١٤- أ ) ، ملونة بالالوان الاساسية (ويمكن بضبط نضوع كل من تلك الصور ان نحصل

على صورة ملونة باى لون من البنفسجى الى الاحمر ) ؛

٢- بأن نسقط على الشاشة نقطا صغيرة او خطوطا رفيعة ملونة بالالوان

الاساسية ( الشكل ١٤- ب ) ، على الا يحدث تراكب او تداخل

فيما بينها . وينبغى اختيار مقاس النقط او ثخانة الخطوط ، بحيث لا تستطيع

العين ان ترى ايا منها على حدة ، بل ترى لونها الكلى .

ويتم مزج الالوان على التتابع بالتأثير على العين بتدفقات ضيائية

مختلفة اللون ، كما يحدث مثلا عند مشاهدة عجلة « ماكسويل » التى تستخدم

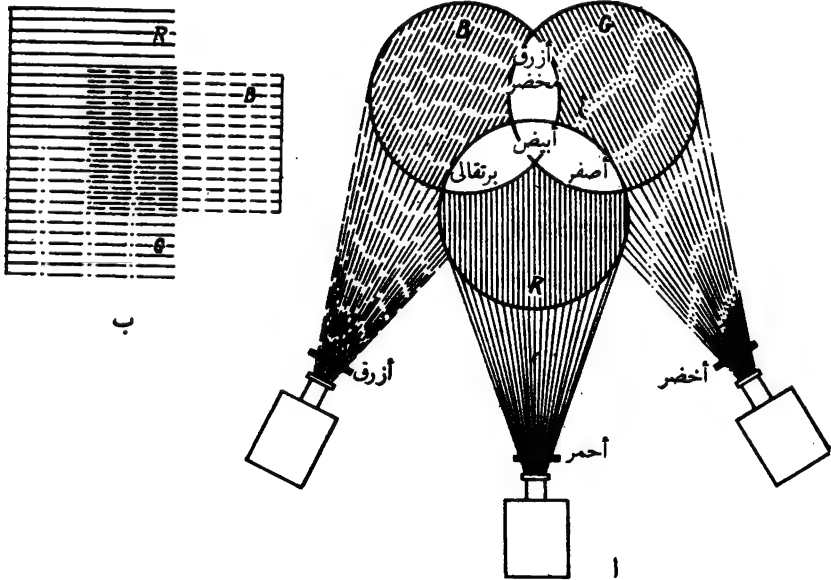
لايضاح التركيب المعقد للضوء الابيض . وينبغى ان تتوافق سرعة تعاقب الالوان

مع خواص مداومة الابصار ، اى يجب ان تكون اكبر من التردد الحرج

للارتعاش .

ويمكن اجراء « مزج الالوان بالعينين » بالتأثير على العينين بتدفقين

ضيائيين مختلفي اللون . وتستخدم هذه الطريقة فى التلفزيون المجسم .



الشكل ١٤- ١ . طرائق مزج الالوان

## البند ١٤-٢ انابيب الصورة الثلاثية الالوان

ان الانواع الاساسية لانايب الصورة الثلاثية الالوان هي :

١- انبوب الصورة الثلاثي الاشعة ذو القناع والشاشة الفسفائية (النقطية) ؛

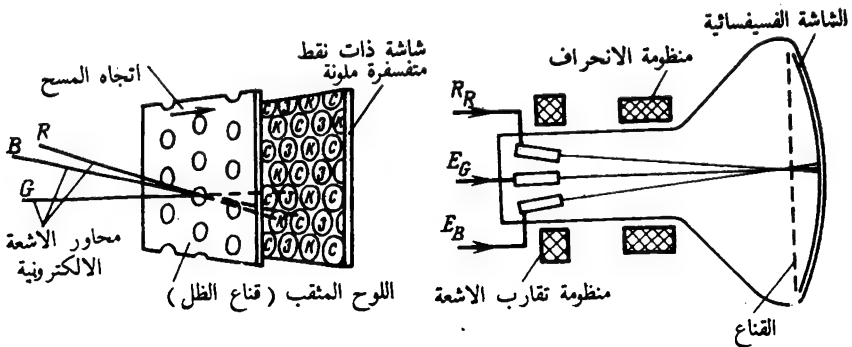
٢- انبوب الصورة الثلاثي الاشعة ذو الشبكة المركزة والشاشة الشرائحية (الخطية) (وهو يسمى «الكروماترون» الثلاثي الاشعة) ؛

٣- «الكروماترون» الاحادي الشعاع ذو الشبكة المبدلة للالوان والشاشة الشرائحية .

ولقد عم في الوقت الحاضر استخدام انبوب الصورة ذى القناع ( الشكل ١٤-٢ ) الذى يشتمل على ثلاثة مدافع للالكترونات ، وشاشة فسيفسائية مطلية بعدد كبير (٤٠٠ - ٥٠٠ الف ) من المجموعات المتفسفرة ، و سطح معدنى مثقب (قناع الظل) عدد ثقوبه يساوى عدد المجموعات المتفسفرة .

وتتألف كل مجموعة متفسفرة من ثلاث (ثالث) حبيبات من مواد متفسفرة حمراء وخضراء وزرقاء التالى توضع بدقة حسب ترتيب معين . ويجرى تعديل شعاع كل مدفع من مدافع الالكترونات بالاشارة اللونية المناظرة له .

ويركب القناع بحيث تتقاطع اشعة المدافع كلها على مستويه مارة من خلال نفس الثقب ، على ان يسقط كل منها على الحبيبة المتفسفرة التى تضىء



الشكل ١٤-٢ . انبوب الصورة ذو الشاشة الفسفائية الملونة وقناع الظل

باللون المناظر ، فينبغي مثلا ان يسقط الشعاع المعدل بالمركبة الحمراء لاشارة الصورة على الحبيبة ذات الضياء الاحمر .

وعند تحريك الاشعة بمنظومة انحراف مشتركة ينبغي الا يتغير وضعها على الشاشة بالنسبة الى النقط اللونية للمجموعات المتفسفرة . وطالما ان مقاس النقط المتفسفرة صغير للغاية ، فان الوانها تبدو على الشاشة ممتزجة .

ويتم ضبط تقارب الاشعة الالكترونية ( تقابلها على مستوى قناع الظل فى ثقب واحد ) بواسطة منظومة خاصة مكونة من ثلاثة مغنطيسات كهربائية . ولانبوب الصورة ذى القناع عيان هما تعقد الصنع ( نظرا لضرورة احكام الاوضاع النسبية للمدافع والقناع والشاشة بدقة فائقة ) وقلة « شفافية » القناع للالكترونات ( حوالى ١٥٪ ) ، مما يجعل من الصعب الحصول على نصوص عال للصور الملونة .

هذا وان تكلفة انبوب الصورة ذى القناع اكبر عدة مرات من تكلفة انبوب الصورة الاسود والابيض المماثل له بالمقاس .

اما انابيب الصورة ذات الشبكات المركزة والمبدلة للالوان ، فهى تسمح بالحصول على صور اكثر نصوعا بكثير ، لأن شفافية الشبكات يمكن ان تبلغ حوالى ٨٠ - ٨٥٪ . وتتكون شاشات هذه الانابيب من « ثالوثات » من شرائح ( خطوط ) رأسية او افقية من مواد متفسفرة زرقاء وخضراء وحمراء التألّق . وتصنع الشبكات على شكل اطار معدنى تمد عليه عدة مئات من شعيرات رفيعة .

وفى حالة « الكروماترون » الثلاثى الاشعة يسلط على الشبكة جهد مستمر بالنسبة الى الشاشة المؤلمنة ، وبذلك تؤلف شعيرات الشبكة منظومة عدسات اسطوانية تقوم بتركيز شعاع المدفع « الاحمر » على الشريحة المتفسفرة الحمراء وشعاع المدفع « الازرق » على الزرقاء وشعاع المدفع « الاخضر » على الخضراء .

وفى حالة « الكروماترون » الأحادى الشعاع تكون الشبكة عبارة عن مجموعتين من الشعيرات معزولتين كل منهما عن الاخرى . وتسلب على المجموعتين نبضات تبديل عالية التردد من ملف لمحول خاص ، بحيث يتم

توجيه الشعاع الالكترونى على الشريحة المتفسفرة الحمراء او الخضراء او الزرقاء طبقا لقطبية نبضات التبديل .

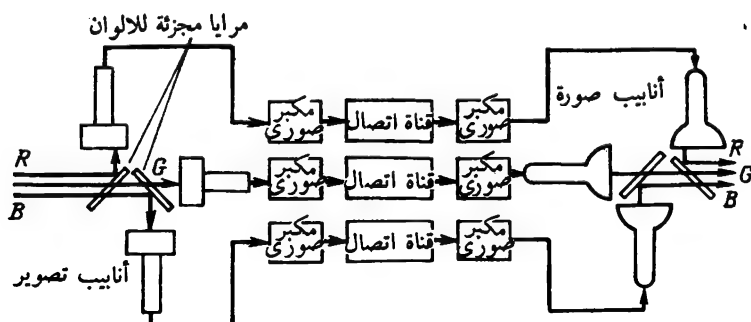
ونظرا لأن « الكروماترون » الأحادى الشعاع لا يستلزم وجود منظومة معقدة لتقارب الاشعة ، فقد شاع استخدامه فى الطرازات الرخيصة لأجهزة التلفزيون الملون ( وخصوصا اجهزة الاستقبال النقاله ) .

### البند ١٤-٣ انظمة التلفزيون الملون

يجرى ارسال الصورة التلفزيونية الملونة كالآتى:

- ١- تحليل الصورة الملونة الى ثلاث صور احادية اللون بالالوان الاساسية : الاحمر والاخضر والازرق ؛
- ٢- تحويل الصور الثلاث الى ثلاث اشارات صوتية كهربائية ؛
- ٣- ارسال هذه الاشارات بقنوات الاتصال ؛
- ٤- التحويل العكسى للإشارات الكهربائية الى ثلاث صور بصرية احادية اللون بالاحمر والاخضر والازرق ؛
- ٥- جمع الصور الثلاث الأحادية الالوان بصريا لتكوين صورة واحدة متعددة الالوان .

ويمكن تقسيم انظمة التلفزيون الملون الموجودة الى طائفتين اساسيتين :  
انظمة النقل الآتئ للمركبات اللونية وانظمة النقل المتابعى للمركبات اللونية .



الشكل ١٤ - ٣ . رسم تخطيطى لمراحل المنظومة الآتية للتلفزيون الملون



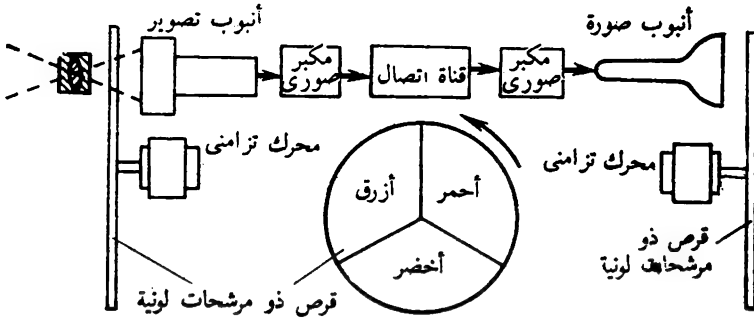
(١) النظام الآتى : يبين الشكل ١٤ - ٣ منظومة للنقل الآتى للصور الملونة . ويتم تحليل الصورة المتعددة الالوان فى الطرف المرسل باستخدام وسائل البصريات ( مثلا المرايا المجزئة للالوان ) الى ثلاث صور احادية اللون : خضراء وحمراء وزرقاء . ويجرى اسقاط هذه الصور الثلاث على الكاثودات الضوئية لثلاثة انابيب من انابيب التصوير التلفزيونى . ويتم ارسال الاشارات الصورية الماخوذة من مقاومات حمل انابيب التصوير الى الطرف المستقبل بواسطة ثلاث قنوات اتصال مستقلة .

وفى الطرف المستقبل توصل الاشارات اللونية ( المناظرة للصور الثلاث الأحادية اللون ) الى المدافع الثلاثة لأنبوب الصورة الثلاثى الالوان او توصل الى الالكترودات الحاكمة لثلاثة انابيب من انابيب الصورة ذات شاشات حمراء وخضراء وزرقاء الضياء . وعند استخدام جهاز الاستقبال الثلاثى الانابيب يتم الحصول على الصورة المتعددة الالوان بطريقة التراكب البصرى .

ويمكن أن تكون القنوات الثلاث عبارة عن ثلاثة خطوط اتصال منفصلة ( ثلاثة كوابل مثلا ) او خط اتصال مشترك مع اجهزة لاثتلاف ثلاث قنوات ( اجهزة للاتصال « التقابلى المتعدد » ) . ويتم الارسال الآتى لعدة اشارات بالطرائق العادية للاتصال المتعدد القنوات بتحميل الاشارات على موجات حاملة فرعية وترتيب اطيف الاشارات المعدلة بجوار بعضها البعض . ومن الواضح انه عند استخدام هذه الطريقة لارسال ثلاث اشارات فى آن واحد يلزمنا خط اتصال ذو نطاق ترددى مضاعف ثلاث مرات .

( ٢ ) النظام التتابعى : يبين الشكل ١٤ - ٤ منظومة تتابعية مبنية على اساس التبديل الميكانيكى للالوان . ويوضع فى الطرف المرسل بين العدسة الشبكية وانبوب التصوير ، على طريق التدفق الضيائى الصادر عن الشيء الذى تجرى تلفزته ، قرص ذو مرشحات ضوئية : احمر واخضر وازرق . ويوضع مثل هذا القرص ايضا فى الطرف المستقبل امام شاشة انبوب الصورة . وينبغى ان يدور القرصان دورانا متزامنا بدقة : بنفس السرعة والطور .

وعند مرور المرشح الضوئى الاحمر امام لوح هدف انبوب التصوير ، تنفذ من خلال المرشح الاشعة الحمراء فقط ، فتسقط على لوح الهدف تفاصيل



الشكل ١٤ - ٤. رسم تخطيطي لمراحل المنظومة التتابعية للتلفزيون الملون

صورة الشيء المتلفز المتضمنة لنقبات حمراء . ويعاد انتاج الإشارة الصورية المنقولة بقناة الاتصال الى الطرف المستقبل على شاشة أنبوب الصورة بشكل صورة سوداء وبيضاء . وطالما ان شاشة انبوب الصورة تشاهد عندئذ من خلال مرشح ضوئي احمر ايضا ، فان الصورة المستقبلية تبدو حمراء . وتنقل في اللحظات التالية صور تفاصيل الشيء المتلفز المحتوية على نقبات خضراء وزرقاء .. واذا كانت سرعة تبديل الالوان كبيرة لدرجة كافية ، فان الصور الثلاث الأحادية اللون ( الحمراء والخضراء والزرقاء ) تندمج في عين المشاهد على شكل صورة واحدة متعددة الالوان .

وعلى هذا النحو ، يجرى نقل صورة كل اطار في المنظومة التتابعية للتلفزيون الملون بثلاث دفعات : من خلال مرشح احمر ومرشح اخضر ومرشح ازرق .

وطالما ان تردد الاطار في التلفزيون محدد بضرورة عدم وجود ارتعاش ، فان الصور ( الاطارات ) اللونية الجزئية ينبغي ان ترسل في المنظومة التتابعية للتلفزيون الملون بسرعة مضاعفة ثلاث مرات ، لئلا يظهر ارتعاش على تفاصيل الصبغات المشبعة .

ورغم ان النظام التتابعي للتلفزيون الملون يتطلب قناة اتصال واحدة ، ينبغي ان يكون النطاق الترددي للقناة اعرض ثلاث مرات مما في حالة التلفزيون الاسود والابيض ( اذ ان نطاق ترددات الإشارة الصورية يتناسب طرديا مع تردد الاطار ) .

مقارنة النظامين ومشكلة التآلف : ان كلا النظامين يتطلبان نطاقا تردديا اعرض ثلاث مرات مما يتطلبه التلفزيون الاسود والابيض . ويعنى ذلك انه لا يمكن ارسال البرامج الملونة باستخدام محطات التلفزيون الاسود والابيض الموجودة ، كما يعنى انه لا يمكن استقبال البرامج الملونة بواسطة اجهزة التلفزيون الموجودة على شكل برامج سوداء وبيضاء . وهكذا ، فان نظامي التلفزيون الملون السابق وصفهما غير متآلفين مع النظام الموجود للتلفزيون الاسود والابيض .

ويعتبر نظام التلفزيون الملون متآلفا ، اذا ضمن :

١- امكانية ارسال البرامج الملونة بواسطة محطات التلفزيون الاسود والابيض وخطوط الاتصالات العريضة النطاق ( الكوابل ومنظومات الارحال اللاسلكي ) الموجودة ؛

٢- امكانية الاستقبال الجيد لبرامج التلفزيون الملون على شكل برامج سوداء وبيضاء بواسطة جميع طرازات اجهزة استقبال الاسود والابيض الموجودة .

٣- امكانية استقبال البرامج السوداء والبيضاء بأجهزة التلفزيون الملون ( كبرامج سوداء وبيضاء ) .

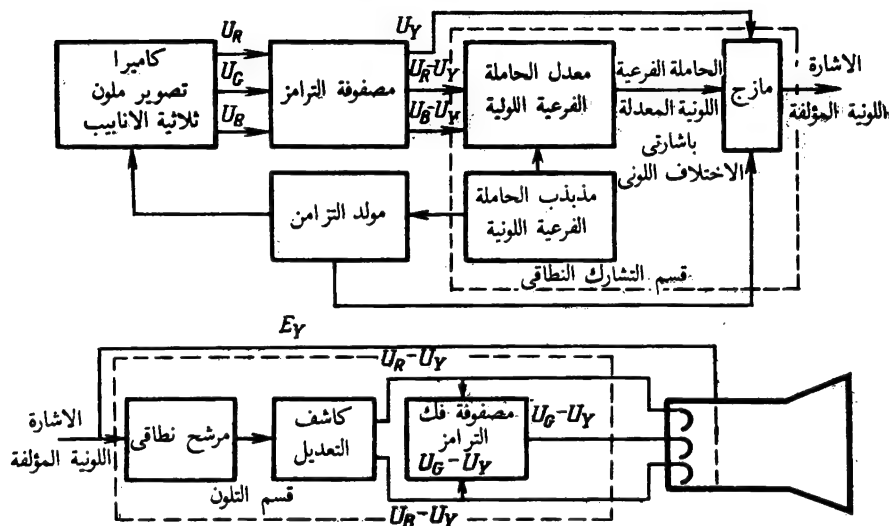
ولذلك ينبغي ان تكون بارامترات المسح ( عدد الخطوط وتردد الاطار ) وعرض طيف الاشارة الصورية في نظام التلفزيون الملون المتآلف مماثلة لما يقابلها في نظام التلفزيون الاسود والابيض الموجود ، وبما ان النظام التابعي للتلفزيون الملون يتطلب مضاعفة تردد الاطار ثلاث مرات ، فليس بالامكان استخدامه لبناء نظام التلفزيون الملون المتآلف .

ولا يمكن بناء نظام التلفزيون الملون المتآلف الا على اساس النظام الآتي .

#### البند ١٤-٤ الانظمة المتآلفة العصرية للتلفزيون الملون

ان جهاز الارسال التلفزيوني في منظومة التلفزيون الملون المتآلفة يشع الى الاثير اشارة التلفزيون الملون التي تتضمن ما تسمى اشارة النصوع ( وهي تماثل اشارة التلفزيون الاسود والابيض ) ومعلومات اضافية عن اللون ترسل ضمن

نفس النطاق ( اشارتين تدعيان بإشارتي التلون ) . ويتمكن صاحب جهاز التلفزيون العادى الاسود والابيض من استقبال البرامج الملونة كبرامج سوداء وبيضاء ، لان الجهاز يستقبل المركبة النصوعية لاشارة التلفزيون الملون ولا يحس بإشارتي التلون . ويستطيع صاحب جهاز التلفزيون الملون ان يستخدم جهازه لاستقبال برامج التلفزيون العادية السوداء والبيضاء .



الشكل ١٤ - ٥. رسم تخطيطي عام لمراحل المنظومة المتألفة العصرية للتلفزيون الملون :  
محطة الإرسال (الرسم الملوي) ومحطة الاستقبال (الرسم السفلي)

وبيين الشكل ١٤ - ٥ رسماً عاماً لمراحل منظومة متألّفة عصرية للتلفزيون الملون . وتقوم كاميرا التصوير التلفزيوني الملون الثلاثية الانابيب بتوليد ثلاث اشارات تحمل معلومات عما تحتويه الصورة المراد تلفزتها من الالوان الاساسية : الاحمر ( R ) والاخضر ( G ) والازرق ( B ) . وتسלט هذه الاشارات الثلاث  $U_R$  و  $U_G$  و  $U_B$  على وحدة تسمى مصفوفة الترامز ( ماتريكس الكود ) . ويتم في هذه الوحدة تكوين الاشارة النصوعية ( اى الاشارة الصورية السوداء والبيضاء العادية )  $U_Y$  واشارتي الاختلاف اللوني ( فرق اللون )  $U_R - U_Y$  و  $U_B - U_Y$  وتوصل هاتان الاشارتان الى قسم التشارك النطاقي ( ضمن نطاق واحد ) الذي يحتوى على مرشحين لتمرير الترددات المنخفضة

ومذبذب لتوليد الموجة الحاملة الفرعية اللونية ومعدل (أو معدلين) للموجة الحاملة الفرعية اللونية. وتسלט الموجة الحاملة الفرعية المعدلة بإشارتي الاختلاف اللوني على مازج يتم فيه تكوين الإشارة اللونية المؤلفة التي تشتمل على إشارة النصوص  $U_Y$  والحاملة الفرعية اللونية المعدلة ونبضات التزامن.

وفي جهاز الاستقبال توصل إشارة النصوص  $U_Y$  إلى الالكترودات الحاكمة للمدافع الثلاثة لأنبوب الصورة الملونة. وتسלט الإشارة اللونية المؤلفة في نفس الوقت على قسم التلون (وحدة فك الترامز) التي تشتمل على مرشح للتمرير النطاقي. وكاشف للتعديل ومصفوفة لفك الترامز. وبعد الترشيح والكشف تستخلص إشارتا الاختلاف اللوني  $U_R - U_Y$  و  $U_B - U_Y$ . وتقوم المصفوفة بتكوين إشارة الاختلاف اللوني  $U_G - U_Y$ . وتسלט إشارات الاختلاف اللوني الثلاث  $U_R - U_Y$  و  $U_B - U_Y$  و  $U_G - U_Y$  على الكاثودات المناظرة لمدافع أنبوب الصورة الملونة. وعلى هذا النحو، تكون الفلطية المؤثرة على الشعاع الالكتروني لكل مدفع مساوية لمجموع فلطيتي إشارة النصوص وإشارة الاختلاف اللوني، أي تساوى الإشارة المناظرة من إشارات الصور الملونة الجزئية الثلاث  $U_R$  و  $U_G$  و  $U_B$ .

وبيلغ عدد انظمة التلفزيون الملون المتألفة والمختلفة والمعروفة في الوقت الحاضر حوالى ٣٠ نظاما. ومن ضمن هذه الانظمة لم يجد تطبيقا عمليا الا نظامين فقط هما :

١ - النظام ذو التعديل التعامدى للحاملة الفرعية (النظام الامريكى NTSC وشكله المعدل PAL الذى تم ابتكاره فى المانيا الغربية) ؛

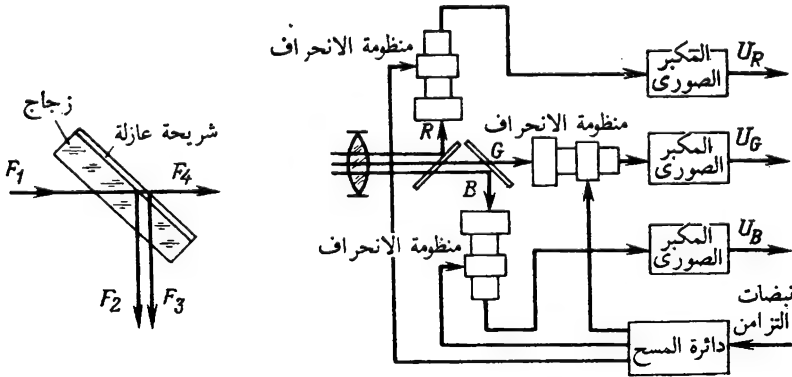
٢ - النظام الآتى التابعى (النظام الفرنسى SECAM).

ويختلف هذان النظامان بعضهما عن بعض بطرائق ارسال واستقبال إشارات الاختلاف اللوني (بتركيب ومبدأ عمل قسم التشارك النطاقي فى محطة الارسال وقسم التلون فى جهاز الاستقبال).

لنتأمل أولا تركيب الوحدات المشتركة لكلا النظامين : الكاميرا التلفزيونية الملونة ومصفوفة الترامز .

## البند ١٤ - ٥ كاميرات التصوير التلفزيوني الملون المتعددة الانابيب

يبين الشكل ١٤ - ٦ رسما مبسطا لمراحل كاميرا التصوير الملون الثلاثية الانابيب . وتشتمل الكاميرا على المنظومة البصرية وثلاث مجموعات من انابيب التصوير وملفات الانحراف ومولدات المسح ( او مولد واحد مشترك ) والمكبرات المتقدمة للاشارات الصورية . وتتألف المنظومة البصرية من عدسة شبيثة ( او مجموعة عدسات مركبة على برج دوار ) ومرآتين مجزئتين للالوان ( ثنائيتي اللون ) تجزئان الاشعة المنعكسة عن الشيء الذي تجرى تلفزته الى ثلاثة تدفقات ضيائية احادية اللون ( احمر و ازرق واخضر ) . وتكون المرآة ثنائية اللون من لوح زجاجي مصقول جيدا ، يغطي من احد جانبيه بشريحة شفافة من مادة عازلة ( الشكل ١٤ - ٦ - ب ) . وعند سقوط شعاع ابيض  $F_1$  على اللوح الزجاجي ، يمر هذا الشعاع من وسط اكثر كسرا الى وسط اقل كسرا مرتين : اولا من الزجاج الى المادة العازلة ، وثانيا من المادة العازلة الى الهواء . وعندئذ ينعكس جزء من التدفق الضيائي انعكاسا داخليا ( الشعاعان  $F_2$  و  $F_3$  ) . وتختلف العلاقة الطورية بين الشعاعين  $F_2$  و  $F_3$  باختلاف ثخانة الشريحة العازلة والطول الموجي للشعاع الضوئي . لنفترض ان الشعاعين  $F_2$  و  $F_3$  يكونان متطاورين ( بنفس الطور ) من اجل اللون الاحمر . وفي هذه الحالة تنعكس كل الاشعة الحمراء عن المرآة بزاوية قائمة منفصلة عن الجزء الباقي من التدفق الضيائي .



الشكل ١٤ - ٦ . رسم تخطيطي مبسط للكاميرا التلفزيونية الملونة ثلاثية الانابيب ومبدأ عمل المرآة ثنائية اللون

وتحدد خواص المرآة الثنائية اللون بمعامل الانعكاس  $\rho$  والشفافية  $\tau$  :

$$\rho = \frac{F_2 + F_3}{F_1} ; \quad \tau = \frac{F_4}{F_1} ; \quad \rho + \tau \approx 1$$

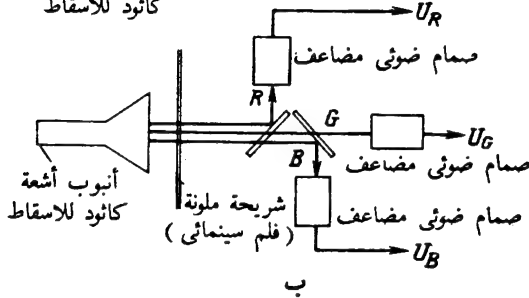
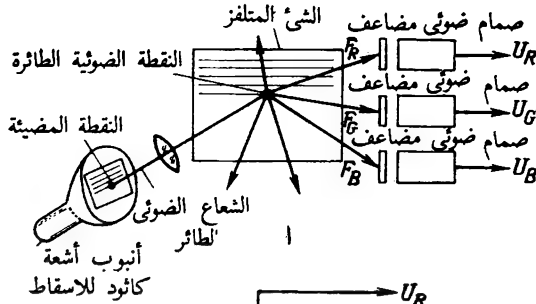
وتختار ثخانة الشريحة العازلة بحيث تكون المرآة عاكسة لطول موجى معين وشفافة لطول موجى آخر . ويتم تحسين الانتقائية اللونية باستخدام مرايا مجزئة للالوان ذات غطاء عازل متعدد الطبقات . ويمكن باختيار مادة الشرائح وثخانتها ووضعها المتبادل الحصول على مرايا مجزئة للالوان ذات انتقائية عالية .

ويتوقف بيان الصورة الملونة التى تعطىها الكاميرا الثلاثية الاناييب على دقة تراكب الهياكل الخطية على الواح اهداف اناييب التصوير الثلاثة ، مما يعتبر مسألة صعبة جدا .

ولهذا السبب تستخدم الكاميرات الرباعية الاناييب التى يقوم فيها الانبوب الرابع بتوليد اشارة النصوع ( وفى هذه الحالة يتحدد بيان الصورة النصوعية بالانبوب الرابع ) .

#### البند ١٤-٦ كاميرا التصوير التلفزيونى الملون ذات النقطة الطائرة

ان كاميرا التصوير الملون الثلاثية الاناييب عبارة عن جهاز معقد وكثير التكاليف ويتطلب صيانة مؤهلة جدا . ولهذا السبب تستخدم احيانا كاميرات النقطة الطائرة ( الشكل ١٤-٧ ) . وفى هذه الحالة يكون مصدر اشارة الشئ المتلفز عبارة عن انبوب اشعة كاثود من اناييب الاسقاط التى تضىء بنصوع عال ومداومة قصيرة . وتقوم العدسة الشيئية باسقاط النقطة المضئية الناتجة على شاشة انبوب اشعة الكاثود على الشئ المراد تلفزته . وتتحرك النقطة المضئية المسقط على الشئ المراد تلفزته بحيث تجوبه خطأ خطأ وتير عناصره واحدا بعد الآخر على التعاقب ، اى تقوم بمسحه . وتسقط الاشعة المنعكسة عن الشئ الذى تجرى تلفزته على الكاثودات الضوئية لثلاثة سماعات ضوئية مضاعفة مغطاة بمرشحات ضوئية ثلاثة : احمر واخضر وازرق على التوالى . وتعطى هذه الصمامات الثلاثة الاشارات اللونية الثلاث  $U_R$  و  $U_G$  و  $U_B$  .



الشكل ١٤ - ٧. الكاميرا التلفزيونية الملونة ذات النقطة الطائفة : أ - تعمل بالانعكاس ؛ ب - تعمل بالانفاذ

ومزايا هذه الطريقة هي انها بسيطة للغاية ولا تتطلب مرايا ثنائية اللون وانابيب تصوير غالية الثمن (الشكل ١٤ - ٧ - أ) وتضمن قدرة تحليل عالية . اما عيوبها فهي ضرورة ارسال بدون اضاءة محيطية والتداخلات المتبادلة التي تحدث عندما تستخدم في الاستوديو التلفزيوني كاميرتان او اكثر في نفس الوقت .

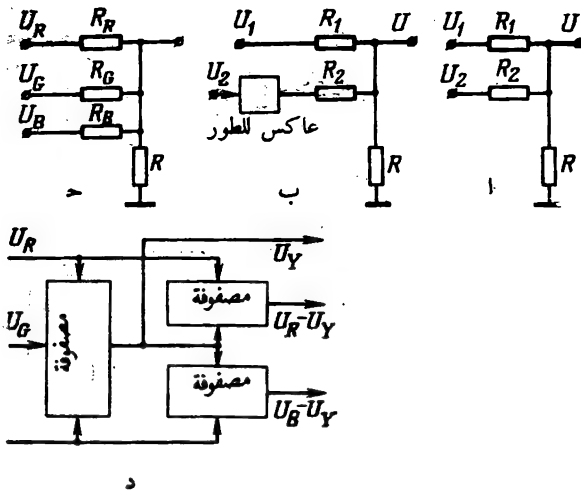
والمجال الاساسى لاستخدام طريقة النقطة الطائفة هو ارسال الافلام السينمائية والصور الثابتة الملونة .

وتستخدم لتلفزة الافلام والشرائح الملونة على نطاق واسع منظومة النقطة الطائفة التي تعمل بالانفاذ (الشكل ١٤ - ٧ - ب) . ويتم تجزىء الشعاع 'للمتعدد الالوان الى ثلاثة اشعة احادية اللون بواسطة مرايا ثنائية اللون .

### البند ١٤ - ٧ مصفوفات الترامز

يطلق اسم المصفوفة (ماتريكس) في التلفزيون الملون على الدائرة الكهربائية الحاسبة التي تقوم باجراء عمليات الجمع والطرح الرياضى للفلطيات





الشكل ١٤ - ٨. مصفوفات الترامز: (الدوائر الحاسبة) : أ - مصفوفة الجمع ؛ ب - مصفوفة تقوم بعملية الطرح ؛ ج - مصفوفة للجمع تقوم بتكوين إشارة النصوص Y ؛ د - رسم تخطيطي لوحدة الترامز التي تقوم بتكوين اشارتي الاختلاف اللوني R - Y و B - Y وإشارة النصوص Y

الكهربائية . ويبين الشكل ١٤ - ٨ - أ مصفوفة لجمع فلتيتين  $U_1$  و  $U_2$  . وتختار المقاومتان  $R_1$  و  $R_2$  أكبر كثيرا من  $R$  لكي يكون التأثير المتبادل بين اشارتي الدخل ضعيفا جدا . وعندئذ تكون فلتية الخرج التي تحدثها  $U_1$  هي حاصل ضربها في  $\frac{R}{R_1}$  ، بينما تكون فلتية الخرج التي تحدثها  $U_2$  هي حاصل ضربها في  $\frac{R}{R_2}$  . وتكون فلتية الخرج المحصلة :

$$U = K_1 U_1 + K_2 U_2$$

حيث :

$$K_1 = \frac{R}{R_1} , \quad K_2 = \frac{R}{R_2}$$

وعلى هذا النحو ، يمكن جمع الفلطيّات بالنسب اللازمة باختيار قيم المقاومات المكونة للمصفوفة .

وعندما يكون من الضروري اجراء عملية الطرح تستخدم في دائرة الاشارة لللازم طرحها مرحلة عاكسة للطور .

فمثلا ، في حالة المصفوفة المبينة بالشكل ١٤ - ٧ - ب نجد :

$$U = K_1 U_1 - K_2 U_2$$

وتستخدم لتكوين اشارة النصوع  $U_Y$  دائرة مصفوفة ثلاثية المداخل ( الشكل ١٤ - ٨ - ج ) :

$$U_Y = K_R U_R + K_G U_G + K_B U_B$$

وينبغي اختيار قيم المعاملات  $K_R$  و  $K_G$  و  $K_B$  انطلاقا من خواص الابصار ( حساسية العين غير المتساوية للاشعة ذات الاطوال الموجية المختلفة كما سبق ان بينا بالشكل ١ - ٢ ) .

ولقد اثبت تجريبييا ان ارسال نصوعات شتى عناصر الصورة المختلفة الالوان يكون طبيعيا اكثر ما يمكن عندما :

$$K_R = 0.30; \quad K_G = 0.59; \quad K_B = 0.11$$

وعندئذ تصبح معادلة اشارة النصوع على الشكل :

$$U_Y = 0.30 U_R + 0.59 U_G + 0.11 U_B$$

وينبغي ان تكون الاشارات اللونية المسلطة على دخل المصفوفة ( الاشارات الخارجة من المكبرات الصورية ) متساوية المقادير (  $U_R = U_G = U_B$  ) ، عندما تسقط على الكاثودات الضوئية لانابيب التصوير « صورة سوداء وبيضاء » .

### البند ١٤ - ٨ الحد من عرض نطاق اشارة الاختلاف اللوني

من المعروف ان عين الانسان لا تميز جيدا الوان التفاصيل الدقيقة ، بل تراها كما لو كانت سوداء وبيضاء . واسوأ التفاصيل تبينا للابصار هي التفاصيل الزرقاء الدقيقة . ويمكن ان ندرك لدرجة افضل نوعا ما التفاصيل الحمراء الدقيقة . والاكثر تبينا هي التفاصيل الخضراء الدقيقة .

ويسمح ذلك بالحد من عرض طيف اشارات التلون المناظرة للاشعة الحمراء والزرقاء . وتستخدم من اجل ذلك مرشحات تمرير الترددات المنخفضة . وينبغي عدم وضع هذه المرشحات بعد خرج الكاميرا مباشرة لثلا تضع المعلومات عن التفاصيل الدقيقة في اشارة النصوع  $U_Y$  . وتوضع المرشحات عادة بعد المصفوفات المكونة لاشارات الاختلاف اللوني . ويبرز هنا السؤال التالي : الا يؤدي الحد من عرض نطاق اشارات الاختلاف اللوني الى انخفاض

بيان الصورة المتعددة الالوان ؟ ان هذا لا يحدث لأن اشارة النصوص تتكون من الاشارات اللونية ذات النطاق الترددى الكامل . وبذلك ترسل التفاصيل الملونة ( الحمراء والزرقاء ) الدقيقة كما لو كانت سوداء وبيضاء . ويجدر ان نذكر للمقارنة ان الطريقة المتبعة فى فن الطباعة الملونة هى طريقة طبع التفاصيل الكبيرة بالالوان الطبيعية وطبع التفاصيل الصغيرة بالاسود والابيض . وتسمح هذه الطريقة بالحصول على صورة عالية البيان طبيعية المظهر .

### البند ١٤ - ٩ طريقة التعديل التعامدى

تلخص هذه الطريقة فى جعل ذبذبات الحاملة الفرعية المسلطة على المعدلين الموجودين فى القناتين  $B-Y$  و  $R-Y$  متزاحة بقدر  $90^\circ$  ، اى « متعامدة » . وتجمع الفلطيان الخارجتان من المعدلين  $B-Y$  و  $R-Y$  لتكوين ما تسمى اشارة التلون .

وتتألف الاشارة الملونة الكاملة فى انظمة التعديل التعامدى من اشارة النصوص و اشارة التلون . وتشغل اشارة النصوص كل النطاق الترددى المخصص للتلفزيون الاسود والابيض . اما اشارة التلون ، فهى تشغل نطاقا اضيق وترسل داخل طيف اشارة النصوص .

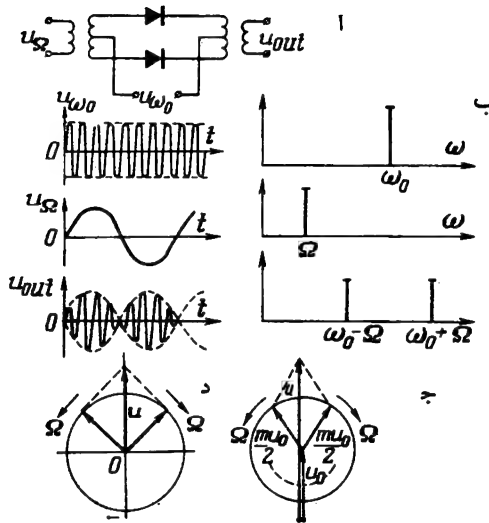
ويمكن ارسال اشارتين ( اشارة النصوص و اشارة التلون ) فى آن واحد وضمن نطاق واحد بطريقة التشابك الترددى او تشابك الاطيف ( راجع البند ٦ - ٧ ) .

ويتم استخلاص اشارتى الاختلاف اللونى  $B-Y$  و  $R-Y$  من الاشارة الملونة الكاملة فى اجهزة استقبال انظمة التعديل التعامدى بواسطة الكواشف المتزامنة .

لتأمل عمل المعدل التعامدى ومبدأ اختيار تردد الحاملة الفرعية . ان طريقة التعديل التعامدى كانت قد ابتكرت للاتصالات اللاسلكية والاذاعة اللاسلكية ( الراديو ) من قبل العلماء السوفيتيين ييستولكورس وموموت وسيفوروف فى اعوام ١٩٣٥ - ١٩٤١ . ويتألف المعدل التعامدى من

معدلين متوازنين تسلط عليهما الموجة الحاملة الفرعية بانزياح في الطور قدره  $90^\circ$  (أى بتعامد) .

ويبين الشكل ١٤ - ٩ - أ دائرة مبسطة لمعدل متوازن يعمل بشنائين . وعند غياب اشارة التعديل تكون الدائرة متوازنة وتكون فلطية الخرج صفرا . وعند تسليط اشارة التعديل يختل توازن الدائرة ، فتظهر في خارجها موجة

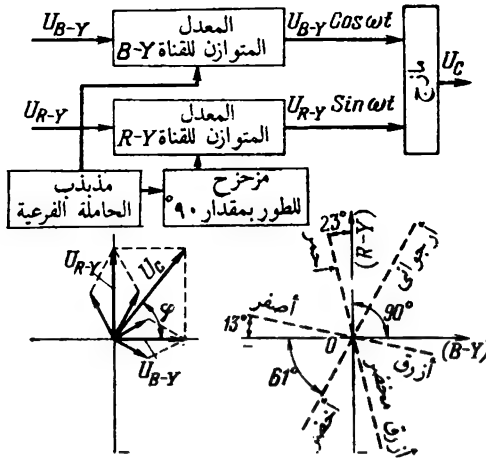


الشكل ١٤ - ٩ . دائرة مبسطة للمعدل المتوازن ذات ثنائين : أ - رسم للدائرة ؛ ب - الاشكال الموجية للفلطيات وأطرافها ؛ ج و د - رسمان للمتجهات

معدلة لا يتضمن طيفها الا الترددات الجانبية (النطاقين الجانبيين طالما ان نفس الحاملة الفرعية تكون مكبوتة) .

وينبغي الانتباه الى ان شكل غلاف الموجة الخارجة من المعدل المتوازن لا يناظر شكل اشارة التعديل (الشكل ١٤ - ٩ - ب) . ولذا ، فان كشف تعديل مثل تلك الاشارة لا يمكن ان يتم بواسطة الكواشف العادية ، بل يستلزم استخدام دوائر خاصة تستعاد فيها الموجة الحاملة .

ومن اجل فهم ما سنورده فيما بعد ينبغي تذكر كيفية تمثيل الفلطية المعدلة من حيث الاتساع بمتجهات (الشكل ١٤ - ٩ - ج) . فالقيمة اللحظية للفلطية المعدلة من حيث الاتساع تساوى المجموع الهندسى لفلطية



الشكل ١٤ - ١٠ . رسم تخطيطي مبسط لمراحل تكوين إشارة اللون (أ) ، رسم للمتجهات (ب) ورسم بياني للالوان (ج)

الحاملة  $U_0$  والمركبتين الجانبيتين  $\frac{mU_0}{2}$  اللتين تدوران باتجاهين مختلفين بتردد زاوى  $\Omega$  . وفي حالة التعديل المتوازن تكون الحاملة مكبوتة . وعند مرور المتجه المحصل بالقيمة الضخمية يغير طوره بقدر  $180^\circ$  ويبقى دائما على نفس المحور (الشكل ١٤ - ٩ - د) . وتكون الاشارتان  $R-Y$  و  $B-Y$  فى خرج المعدلين المتوازنين (الشكل ١٤ - ١٠ - أ) متزاحتين بقدر  $90^\circ$  . وبنتيجة جمع هاتين الاشارتين تظهر فى خرج المازج إشارة اللون المحصلة  $U_C$  التى تحمل معلومات عن تلوّن (او لونية) الصورة الجارية تلفزتها . ويمكن ان تكون الاشارتان  $R-Y$  و  $B-Y$  موجبتين او سالبتين تبعا لمحتوى الصورة الملونة ، ويمكن ان يقع المتجه المحصل  $U_C$  فى اى ربع من ارباع الدائرة . ويمثل طول المتجه  $U_C$  (مقداره) تشبع اللون ، بينما تمثل زاوية طوره  $\phi$  نقبة اللون . وسنوضح ذلك بمثال :

نفترض ان عناصر الصورة التى يجرى مسحها فى لحظة ما حمراء اللون . وعندئذ تكون الاشارتان  $U_B$  و  $U_R$  مساويتين للصفر . ونظرا لأن  $0.30U_R + 0.11U_B$  ، فان إشارة النصوع  $U_Y = 0.30U_R$  و اشارتى الاختلاف

اللونى  $U_{R-Y} = 0.70 U_R$  و  $U_{B-Y} = -0.30 U_R$  . ويكون متجه اشارة التلون المحصلة مساويا للمجموع الهندسى لمتجهى اشارتى الاختلاف اللونى :

$$U_C = \sqrt{U_{R-Y}^2 + U_{B-Y}^2} = U_R \sqrt{0.7^2 + 0.3^2} = 0.76 U_R$$

وتكون زاوية الطور :

$$\varphi = \arctg\left(\frac{U_{R-Y}}{U_{B-Y}}\right) = \arctg\left(\frac{0.7 U_R}{-0.3 U_R}\right) \approx 113^\circ$$

وبهذه الطريقة يمكن حساب با امترات متجه اشارة التلون لأى لون ، بحيث يمكن انشاء الرسم البيانى اللونى بالاحداثيات القطبية ( الشكل ١٤ - ١٠ - ج ) .

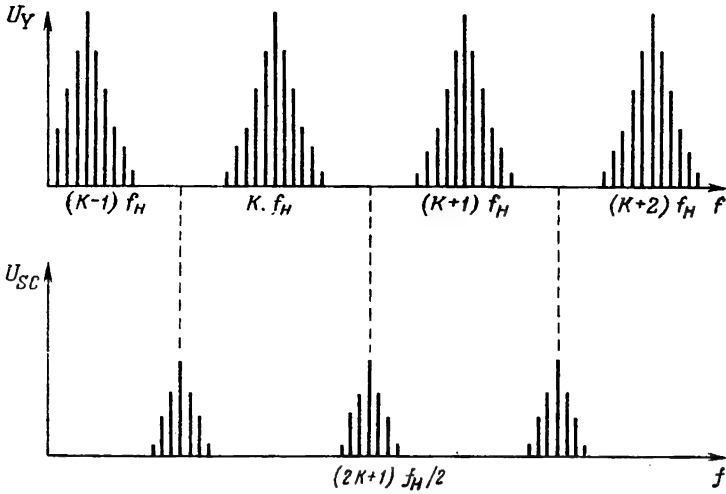
وعند ارسال الصور الملونة يتغير طول متجه اشارة التلون  $U_c$  تبعاً لتشبع الالوان الجارى ارسالها ، كما يتغير وضع المتجه تبعاً للنقبة ، اى ان الموجة الحاملة الفرعية تعدل فى حالة التعديل التعامدى من حيث الاتساع والطور . وتمزج اشارة التلون المحصلة  $U_c$  مع الاشارة الصورية المؤلفة ، ويقوم جهاز الارسال التلفزيونى الملون بارسالهما لاسلكيا الى اجهزة استقبال التلفزيون الملون .

وكما سبق ان ذكرنا ، يتم تقاسم النطاق من قبل الاشارة النصوعية و اشارة التلون فى انظمة التعديل التعامدى بطريقة التشابك الترددي ، اى ان المركبات الترددية ل اشارة التلون توضع فى الحيزات الشاغرة الموجودة فى طيف اشارة النصوع ( الشكل ١٤ - ١١ ) . ومن الواضح ان ذلك يستلزم انزياح توافقيات التردد الافقى الموجودة فى اشارة التلون بالنسبة الى توافقيات التردد الافقى الموجودة فى الاشارة النصوعية بقدر نصف التردد الافقى . ولذلك ينبغى ان يكون تردد الحاملة الفرعية  $f_{sc}$  مساويا لتوافق فردى لنصف تردد المسح الافقى  $f_H$  :

$$f_{sc} = (2K + 1) \frac{f_H}{2}$$

حيث  $K$  عدد صحيح .

وعند اختيار تردد الحاملة الفرعية بهذه الطريقة يتحقق ما يسمى مبدأ التزامن الترددى .

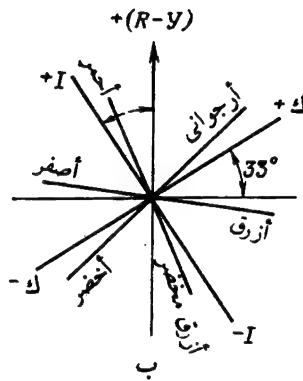
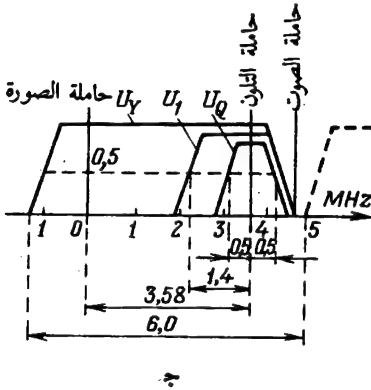
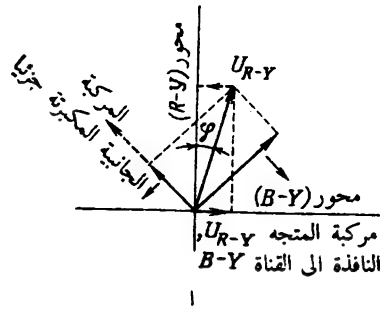


الشكل ١٤ - ١١ . « تشابك » طيفى اشارة النصوع (اعلى) و اشارة التلون ( اسفل )

ويضمن هذا المبدأ اضعاف تأثير الحاملة الفرعية لاشارة التلون على جودة الصورة التى يعاد انتاجها على شاشات اجهزة التلفزيون الاسود والابيض فى حالة استقبال البرامج الملونة .

وينجم ذلك عن ان عدم التماثل الموجود حتما فى المعدلات المتوازنة يتسبب فى عدم كبت الحاملة الفرعية تماما . وعند تعديل تيار شعاع انبوب الصورة بفلطية الحاملة الفرعية التى يقع ترددها داخل طيف الاشارة النصوعية تظهر على كل خط من خطوط المسح نقط ناصعة وقائمة متعاقبة . وفى حالة انزياح تردد الحاملة الفرعية بالنسبة الى تردد المسح الافقى فى انبوب الصورة يظهر نمط من نقط ناصعة وقائمة على شكل شطرنج . وطالما ان عدد خطوط المسح فى كل اطار فى حالة المسح المتشابك هو عدد فردى ، فان طور الحاملة الفرعية يتغير من اطار الى اطار بقدر  $180^\circ$  . وعندئذ تستبدل النقط الناصعة فى كل اطار بنقط قائمة فى الاطار التالى والعكس بالعكس . وبنتيجة قصور (مداومة) الابصار لا تحس العين الا بالقيم المتوسطة لنصوصات تلك النقط فى الاطارات المتعاقبة ، ومن ثم يتم اوتوماتيا الغاء تأثير الموجة الحاملة الفرعية . ولكن عدم خطية المنحنى التحويلى لأنبوب الصورة (عدم تساوى اتساعات تغيرات تيار الشعاع الناتجة عن الانصاف

الشكل ١٤-١٣ . الانتقال  
الى الرسم البياني اللوني ذي  
المحورين  $I$  و  $Q$  :  
أ- ظهور الحديث التداخل  
التعامدى ؛ ب- الرسم البياني  
اللوني ذو المحورين  $I$  و  $Q$  ؛  
ج- ترتيب طيفى الاشارتين  $I$   
و  $Q$  داخل طيف الاشارة  $Y$



الموجبة والسالبة لذبذبات الحاملة الفرعية ) يتسبب فى عدم الالغاء التام لتاثير  
الحاملة الفرعية ، فتظهر على شاشة أنبوب الصورة « شبكة » مميزة . وتقل  
ملحوظية هذه الشبكة كلما كان بنيانها اذق ، اى كلما كان تردد الحاملة  
الفرعية اعلى . وهكذا ، فمن اجل تحسين التآلف مع التلفزيون الاسود والابيض ،  
ينبغى ان يكون تردد الحاملة الفرعية اعلى ما يمكن .

ولكن رفع تردد الحاملة الفرعية يستلزم الحد من عرض نطاق اشارة  
التلون ، مما يسىء الى جودة الصورة الملونة . اضف الى ذلك ان من غير  
المسموح به اخذ تردد الحاملة الفرعية قريبا جدا الى تردد حاملة الصوت  
المصاحب لثلا يظهر تضارب بين هذين التردددين . وبقدر ما يكون الفرق  
بين ترددى حاملتى الصوت والصورة اكبر ، يكون بالامكان اختيار قيمة اعلى  
لتردد الحاملة الفرعية ، ومن ثم يكون التآلف احسن .



ويختار تردد الحاملة الفرعية بحل وسط يراعى متطلبات التألف وجودة الصورة الملونة .

ويتوقف الاختيار الدقيق لتردد الحاملة الفرعية على بارامترات المسح والفرق الترددى بين حاملتى الصورة والصوت .

وإذا كانت القيمة المختارة لتردد الحاملة الفرعية عالية لدرجة يحدث عندها كبت جزئى للترددات الجانبية العلوية لشارتى الاختلاف اللونى  $R-Y$  و  $B-Y$  ( الشكل ١٤ - ١٢ - أ ) ، فإن المتجهين  $U_{B-Y}$  و  $U_{R-Y}$  يدوران ويصبحان غير متعامدين . وفى هذه الحالة نجد ان الإشارة  $R-Y$  ستكون ذات مركبة مزاحة بقدر  $90^\circ$  تنفذ بعد الكشف المتزامن فى جهاز الاستقبال الى القناة  $B-Y$  ، وكذلك تنفذ المركبة التعامدية للإشارة  $B-Y$  الى القناة  $R-Y$  . وهكذا ينشأ ما يسمى « الحديث التداخلى » التعمدى او التشوهات التخالطية التعامدية .

ولقد بينت التجارب انه يمكن اضعاف الحديث التداخلى التعمدى بالكبت الجزئى للنطاق الجانبى العلوى لاحدى اشارتى الاختلاف اللونى فقط . ولكن ذلك يستلزم ان تكون اشارتا الاختلاف اللونى « مختلفتى النطاق » . ولهذا السبب استبدلت الاشارتان  $R-Y$  و  $B-Y$  عند وضع نظام التلفزيون الملون الأمريكى NTSC باشارتى الاختلاف اللونى  $I$  و  $Q$  :

$$U_I = 0.74 (U_R - U_Y) - 0.27 (U_B - U_Y),$$

$$U_Q = 0.48 (U_R - U_Y) - 0.41 (U_B - U_Y).$$

وبعنى استخدام الاشارتين  $I$  و  $Q$  ادارة محورى الرسم البيانى للالوان بقدر  $33^\circ$  ( الشكل ١٤ - ١٢ - ب ) . وبذلك يكون محور الإشارة مناظرا للالوان الزرقاء المخضرة والبرتقالية ، بينما يكون محور  $Q$  مناظرا للالوان الصفراء المخضرة الارجوانية .

وقد تم اختيار المحورين الجديدين بناء على خواص الابصار . فكما بينت التجارب ، عند تناقص مقاسات تفاصيل الصورة تختفى الوان التفاصيل الدقيقة تدريجيا ( وتصبح رمادية ) وتختفى اولا الالوان الزرقاء ثم الصفراء فالحمراء واخيرا الزرقاء المخضرة ) .

وترسل الإشارة  $Q$  فى نظام التلفزيون الملون الامريكى NTSC بنطاقين جانبيين عرض كل منهما ٠,٦ ميگاهرتز ، بينما ترسل الإشارة  $I$  بنطاق جانبى سفلى عرضه ١,٣ ميگاهرتز ونطاق علوى مكبوت جزئيا ( الشكل ١٤ - ١٢ - ج ) . ويضمن النطاق الاعرض للإشارة  $I$  ارسال التفاصيل الدقيقة ذات النبقات الزرقاء المخضرة والبرتقالية التى تحافظ على الوانها لدى مقاسات اصغر . ولقد سمح استخدام الاشارتين  $I$  و  $Q$  باختيار تردد اعلى للحاملة الفرعية قيمته ٣,٥٨ ميگاهرتز .

ولكن استخدام الاشارتين  $I$  و  $Q$  ( بدلا من  $B-Y$  و  $R-Y$  ) يستلزم تعقيد الاجهزة نوعا ما .

وعند استعمال منظومات التعديل التعامدى فى البلدان ذات القياسات الاخرى ( البلدان التى يكون فيها الفرق بين ترددى حاملتى الصورة والصوت اكبر ) يكون استخدام الاشارتين  $I$  و  $Q$  غير الزامى .

#### البند ١٤ - ١٠ نظام التلفزيون الملون المتألف NTSC

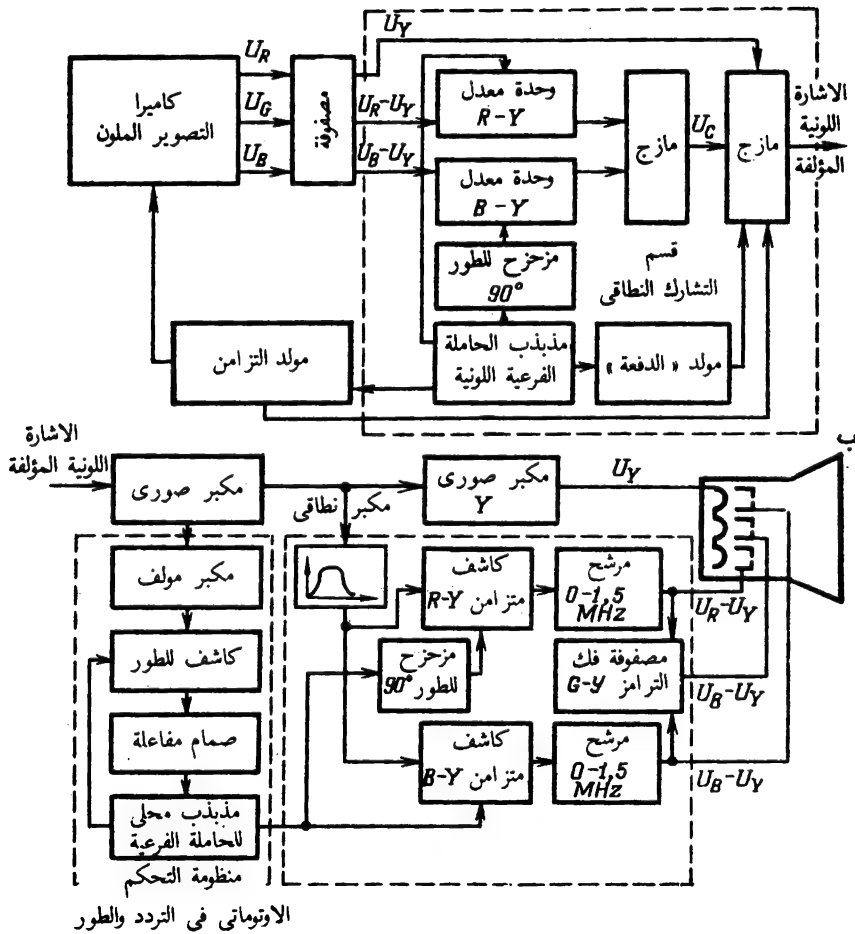
ان نظام NTSC ( نظام الهيئة القومية للانظمة التلفزيونية ) \* الذى تم وضعه فى الولايات المتحدة الامريكية يستخدم فى الولايات المتحدة الامريكية وكندا واليابان منذ امد بعيد . ونظام NTSC هو اول نظام متألف للتلفزيون الملون وجد تطبيقا عمليا واسع النطاق .

ولقد استخدمت بعض المبادئ الاساسية لهذا النظام كأساس من الاسس التى بنيت عليها فيما بعد الانظمة المتألفة الاخرى للتلفزيون الملون .

والميزة الرئيسية لنظام NTSC هى ان اشارتى الاختلاف اللونى  $B-Y$  و  $R-Y$  ترسلان فى ان واحد على حاملة فرعية واحدة بطريقة التعديل التعامدى . ويبين الشكل ١٤ - ١٣ رسما تخطيطيا مبسطا لمراحل الطرف المرسل وجهاز الاستقبال الملون لمنظومة NTSC . ويشمل الطرف المرسل ( الشكل ١٤ - ١٣ - أ ) اضافة الى المعدل التعامدى وقسم تقاسم النطاق ما يسمى مذبذب

«الدفعة» الذى يضمن التزامن الدقيقة لمذبذب الحاملة الفرعية فى جهاز الاستقبال .

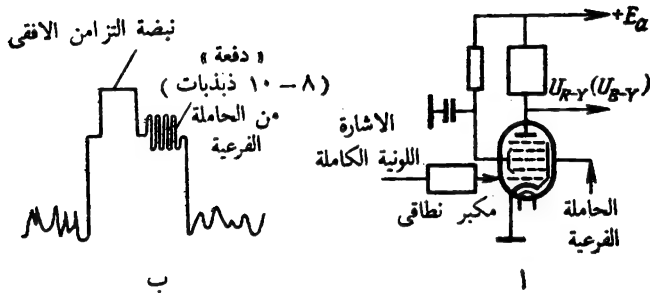
ويتميز جهاز استقبال NTSC عن الجهاز العادى الاسود والابيض بوجود قسم التلون ووحدة تقارب اشعة انبوب الصورة الثلاثى الالوان . ويشتمل قسم التلون فى جهاز استقبال NTSC على العناصر التالية : كاشفين مترامين لاستخلاص اشارتى الاختلاف اللونى من الاشارة الملونة



الشكل ١٤ - ١٣ - رسم تخطيطى مبسط لمراحل منظومة التلفزيون الملون NTSC :  
أ - الطرف المرسل ؛ ب - الطرف المستقبل

الكاملة ومذبذب الحاملة الفرعية ومنظومة التحكم الاوتوماتي في التردد ومصفوفة تكوين الإشارة  $G-Y$  .

ويمكن تصميم الكاشف المتزامن باستخدام صمام متعدد الشبكات كما في الشكل ١٤ - أ . وتسلط الإشارة الملونة الكاملة على الشبكة الحاكمة، بينما تسلط فلطية المذبذب المحلى للحاملة الفرعية  $U_{sc}$  على الشبكة الكابتة .



الشكل ١٤ - أ . دائرة مبسطة للكاشف المتزامن (أ) وشكل الإشارة التزامنة (ب)

لنفترض ان الانصاف الموجبة لذبذبات فلطية المذبذب المحلى تقوم بدفع الصمام قليلا الى حالة التوصيل . وعندئذ يتحدد خرج الكاشف بالفرق بين طورى الذبذبات الحاملة للإشارة الجارى كشفها وفلطية المذبذب المحلى : ففي حالة تطابق الطورين يكون الخرج اعظيما ، وفي حالة اختلاف الطورين بمقدار  $90^\circ$  يكون الخرج صفرا ، اذ ان اللحظة التى يكون فيها الصمام فى حالة التوصيل تناظر مرور الإشارة الجارى كشفها بالقيمة الصفرية .

وبين التحليل الرياضى ان اتساع إشارة الخرج يتناسب مع جيب تمام الفرق بين طورى الإشارة الجارى كشفها وفلطية المذبذب المحلى .

وعلى هذا النحو ، يتميز الكاشف المتزامن بانتقائية طورية ، فيمكن استخدامه لفصل المركبتين المتزاحتين بمقدار  $90^\circ$  . ولهذا الغرض تسلط فلطية المذبذب المحلى على الكاشفين المتزامنين فى جهاز استقبال NTSC بانزياح فى الطور قدره  $90^\circ$  .

ويوضع قبل الكاشفين مرشح نطاقى يقوم باقتطاع النطاق الترددى الذى يحمل المعلومات اللونية من طيف الإشارة الملونة الكاملة . ولكى يعمل الكاشفان باستقرار وبدون تشويه للالوان ينبغى ان تتم مزامنة المذبذب المحلى بدقة

لا من حيث التردد فحسب ، بل من حيث الطور ايضا . ولهذا الغرض تضاف الى الاشارة اللونية المؤلفة لنظام NTSC فى فترة الرواق الخلفى لكل من نبضات الاطفاء الافقى سلسلة من ذبذبات الحاملة الفرعية تسمى « دفعة » الحاملة الفرعية ( الشكل ١٤ - ١٤ - ب ) .

وتشتمل وحدة التحكم الاوتوماتى فى تردد وطور جهاز تلفزيون NTSC على مكبر مولف لفصل « دفعة » الحاملة الفرعية وكاشف للطور وصمام مفاعلة ( الشكل ١٤ - ١٣ - ب ) .

وفى لحظة وصول « دفعة » الحاملة الفرعية يقارن طورها مع طور فلطية المذبذب المحلى ، وفى حالة اختلاف الطورين تنتج اشارة الخطأ التى تسلط على صمام المفاعلة . وتقوم هذه الاشارة بضبط توليف المذبذب المحلى حسب قطبيتها ومقدارها .

ويتم تكوين الاشارات اللونية  $U_R$  و  $U_G$  و  $U_B$  باستخدام تنس انبوب الصورة الثلاثى المدافع كمصفوفة ؛ وتسلط اشارة النصوع على الكاثودات ، بينما تسلط اشارات الاختلاف اللوني الثلاث على الكاثودات التحكم .

خصوصيات نظام NTSC : ان نظام NTSC فى حالة الضبط السليم لأجهزة الارسل والاستقبال يضمن جودة عالية للصورة الملونة وتألفا جيدا مع التلفزيون الاسود والابيض ، كما يتميز بحصانة عالية ضد الضوضاء . ولكن ، بما ان نظام NTSC يستخدم تعديل الحاملة الفرعية باشارة التلون من حيث الاتساع والطور ، ينجم عن اى اختلال فى طور الاشارة الجارى ارسلها ان تشوه نقبة الصورة المتلفزة . وتكون تشوهات النقبة ملحوظة عند انزياح الطور بمقدار يزيد عن  $5^\circ$  .

ولذلك يوجه نظام NTSC متطلبات صارمة جدا للمنحنيات المميزة لعلاقة الطور والتردد فى جميع عناصر المنظومة التلفزيونية .

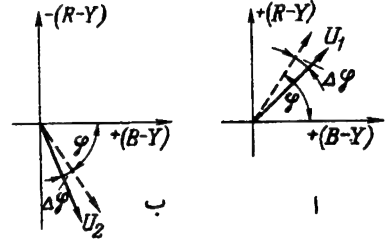
## البند ١٤-١١ نظام التلفزيون الملون المتألف PAL

ان نظام PAL ( النظام ذا التبديل الدورى لطور خط للمسح Phase Alternation Line ) عبارة عن شكل معدل للنظام ذى التعديل التعامدى

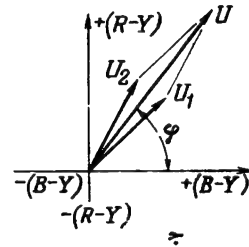
لحاملة الفرعية . وقد وضع هذا النظام فى اعوام ١٩٦٢ - ١٩٦٦ من قبل الشركة الالمانية الغربية تلفونكن بقيادة بروخ .

والاختلاف الرئيسى لنظام PAL عن نظام NTSC هو انه يتم فى جهاز الارسل تغيير طور احدى اشارتى الاختلاف اللونى من خط الى خط بمقدار ١٨٠° . ويؤدى انعكاس طور الحاملة الفرعية للاشارة  $R-Y$  الى انعكاس مرآوى لمحورى الرسم البيانى اللنى ( بالنسبة الى محور الاشارة  $B-Y$  ) .

وبين الشكل ١٤ - ١٥ الرسم البيانى اللونى عند ارسال عناصر الصورة ذات اللون الارجوانى .



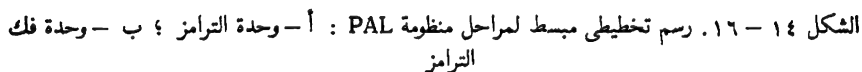
لفترض ان عدم انتظام الاستجابة الطورية لقناة الارسل قد ادى الى تخلف متجه اللون  $U$  بزاوية  $\Delta\phi$  ( الشكل ١٤ - ١٥ - أ ) . ويترتب على ذلك حتما ان يصبح لون العنصر المتلفز على شاشة جهاز التلفزيون الملون اكثر زرقة . ولكن تخلف متجه اللون عند ارسال خط المسح التالى ( الشكل ١٤ - ١٥ - ب ) يتسبب فى احمرار لون العنصر المتلفز .



الشكل ١٤ - ١٥ . تعويض تشوهات الطور فى منظومة PAL عند ارسال عناصر الصورة ذات اللون الارجوانى

وفى جهاز التلفزيون الملون لنظام PAL يتم تعويق الاشارة المناظرة للخط الاول مدة مساوية لامد الخط ( ٦٤ ميكروثانية ) . ويستعاد طور الحاملة الفرعية بواسطة عاكس للطور ثم تجمع الاشارتان ( الشكل ١٤ - ١٥ - ج ) . وبنتيجة ذلك يتم الغاء ( تعويض ) انزياحات الطور .

ولكن طول المتجه المحصل  $U$  يتغير عند ظهور انزياحات الطور ، وبذلك يتشوه حتما التشبع اللونى للصورة المتلفزة ، فلا يتم الغاء تشوهات اللون كلية .



وبين الشكل ١٤ - ١٦ رسمين مبسطين لمراحل وحدتي الترامز وفك الترامز في منظومة PAL .  
وتجدر الإشارة الى انه توجد طرائق عديدة لتصميم دوائر فك الترامز في منظومة PAL .

ان نظام SECAM مبني على اساس مبدأ الارسال التتابعي لاشارة الاختلاف اللوني  $B - Y$  و  $R - Y$ . وكان قد تقدم بهذا المبدأ المخترع الفرنسي هنري دي فرانس في عام ١٩٥٨ .

والتسمية SECAM هي اختصار للعبارة الفرنسية Sequentiel Couleur a Memoire التي تعني « تتابعي الالوان ذو ذاكرة ». ونظام SECAM عبارة عن

نظام آتى تتابعى لان تحويل الصورة الملونة الى الاشارات الابتدائية الثلاث  $R$  و  $G$  و  $B$  يجرى فى آن واحد ، بينما يتم ارسال اشارتى الاختلاف اللونى بخط الاتصال على التابع . وترسل الاشارة النصوعية فى نظام SECAM باستمرار ، بينما ترسل اشارتا الاختلاف اللونى على خطين متناوبين يتم خلال احدهما ارسال الاشارة  $B-Y$  ويتم خلال الآخر ارسال الاشارة  $R-Y$  .

ولكى يعاد انتاج الصورة الملونة فى جهاز الاستقبال ينبغى ان تتواجد الاشارات الثلاث ( الاشارة النصوعية واشارتا الاختلاف اللونى  $B-Y$  و  $R-Y$  ) فى آن واحد . ولذلك يستخدم فى جهاز استقبال SECAM خط تعويق (ذاكرة) يؤخر لمدة خط واحد ( ٦٤ ميكروثانية ) ومفتاح مبدل الكترونى ذو قناتين ( يعمل بنفس سرعة وطور المفتاح المبدل المستخدم فى الطرف المرسل ) ، وهما يضمنان بالذات تواجد اشارتى الاختلاف اللونى  $B-Y$  و  $R-Y$  فى جهاز الاستقبال فى كل لحظة .

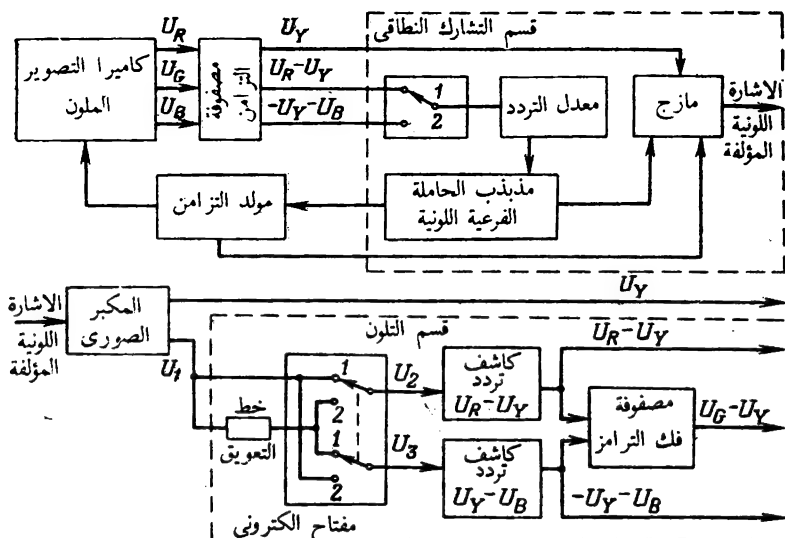
ويتم ارسال اشارتى الاختلاف اللونى  $B-Y$  و  $R-Y$  داخل طيف الاشارة النصوعية .

ويتميز نظام SECAM عن نظامى NTSC و PAL ايضا بعدم استخدام التعديل التعامدى للحاملة الفرعية الذى يجعل منظومة التلفزيون الملون حساسة جدا لتشوهات الطور . ومن عيوب نظام SECAM بالمقارنة مع نظامى NTSC و PAL فقد البيان الرأسى للالوان نوعا ما (لأن اشارتى الاختلاف اللونى لا ترسلان دائما بل على خطوط متناوبة) ، وكذلك نقصان الحصانة ضد الضوضاء .

وستعرض لنظام SECAM بمزيد من التفصيل .

( ١ ) رسم مبسط لمراحل منظومة SECAM : كما يبين الشكل ١٤ - ١٧ - أ ، يوصل الى دخل معدل التردد على التناوب ، بتردد المسح الاقصى ، خرجا مصفوفة الترامز  $U_R - U_Y$  و  $U_B - U_Y$  . وعلى هذا النحو ، تصل الى قناة الارسال معلومات عن اللون الجارى ارساله من نصف عدد خطوط المسح فقط : فمثلا تصل من الخطوط 1 ، 5 ، 9 اشارة الاختلاف اللونى  $R-Y$





أرقام الخطوط	1	2	3	4	5
أوضاع المفاتيح	$(T_1)$ 1	$(T_3)$ 2	$(T_5)$ 1	$(T_7)$ 2	$(T_9)$ 1
القطعة $U_1$	$R-Y$	$Y-B$	$R-Y$	$Y-B$	$R-Y$
القطعة $U_2$	$R-Y_{(1)}$	$R-Y_{(1)'}'$	$R-Y_{(3)}$	$R-Y_{(3)'}'$	$R-Y_{(5)}$
القطعة $U_3$		$Y-B_{(2)}$	$Y-B_{(2)'}'$	$Y-B_{(4)}$	$Y-B_{(4)'}'$

الشكل ١٤ - ١٧. رسم تخطيطي مبسط لمراحل منظومة SECAM : الطرف المرسل (في الأعلى) ؛ الطرف المستقبل (في الوسط) ؛ تنابع الخطوط اللونية وعمل وحدة الذاكرة (في الأسفل)

فقط ، وتصل من الخطوط 3 ، 7 ، 11 الإشارة  $B-Y$  فقط (الشكل ١٤ - ١٧ ج) .

ورغم ذلك لا ينخفض البيان النصوعي للصورة المتلفزة ، لانه يتحدد بالاشارة النصوعية  $Y$  التي يستخدم عند تكوينها العدد الكامل لخطوط المسح . وفي جهاز الاستقبال (الشكل ١٤ - ١٧ ب) يضمن خط التعويق والمبدل الالكتروني تواجد اشارتي الاختلاف اللوني  $R-Y$  و  $B-Y$

باستمرار وفي آن واحد ، لأن كلا منهما تصل الى الكاشف المناظر في كل لحظة اما مباشرة او عن طريق خط التعويق .

ويتم تكوين إشارة الاختلاف اللوني  $G-Y$  بواسطة مصفوفة فك الترامز . ومن الضروري ان يعمل المفتاحان الالكترونيان في الطرفين المرسل والمستقبل بنفس السرعة وبنفس الطور \* ، اى ان الوضع 1 للمفتاح  $K_1$  ينبغي ان يناظر الوضع 1 للمفتاح  $K_2$  ايضا . وفي هذه الحالة تصل الى دخل كاشف التردد  $R-Y$  دائما إشارة الاختلاف اللوني  $R-Y$  فقط ، كما تصل الى دخل الكاشف  $B-Y$  الإشارة  $B-Y$  فقط .

هذا وان الرسم التخطيطي المبين بالشكل ١٤-١٧ مبسط جدا ويستعان به فقط لتسهيل فهم مبدأ عمل منظومة SECAM . ويحتوى الرسم التخطيطي الحقيقى لمنظومة SECAM على عدة عناصر غير مبينة بالشكل ١٤-١٧ وهى بالذات :

١- منظومة التزامن اللوني التى تضمن العمل المتزامن للمفاتيح الالكترونية ؛

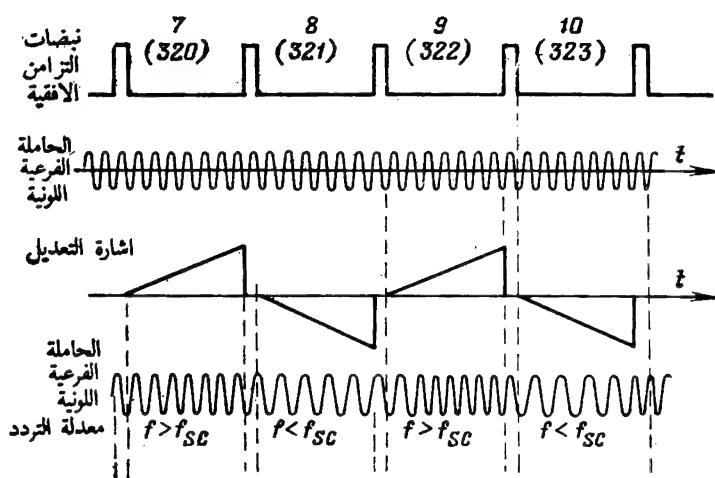
٢- دوائر توليد النبضات الحافزة التى تتحكم فى المفاتيح الالكترونية ؛

٣- وحدات تحسين تألف المنظومة وحصانيتها ضد الضوضاء عند ارسال الاشارات الملونة .

(٢) التزامن اللوني : ان الغرض من التزامن اللوني هو ضمان عمل المفاتيح الالكترونية فى قنوات اللون فى اجهزة ارسال والاستقبال بسرعة واحدة وطور واحد، بحيث تدخل الاشارتان  $R-Y$  و  $B-Y$  دائما الى القناتين المناظرتين لهما . ومن اجل ضمان التزامن اللوني تستخدم إشارة تعيين اللون التى تضاف الى الإشارة اللونية المؤلفة فى الطرف المرسل . وتقوم وحدة تعيين اللون فى جهاز الاستقبال الملون بالتحكم فى عمل مولد النبضات الحافزة للمفتاح الالكترونى .

---

\* عندما يكون جهاز التلفزيون بعيدا نسبيا عن محطة التلفزيون تكون عبارة « بنفس الطور » غير دقيقة تماما ، لأن من الضروري ان يؤخذ فى الاعتبار وقت تموق الإشارة .



الشكل ١٤ - ١٨. إشارة تعيين اللون وتكوينها : إشارة تعيين اللون مضافة الى نبضة التزامن الرأسى (فى الأعلى) - وتكوين إشارة تعيين اللون (فى الأسفل)

وتتكون إشارة تعيين اللون بتعديل ذبذبات الحاملة الفرعية من حيث التردد بإشارة ذات شكل خاص (الشكل ١٤ - ١٨ - فوق) . ويبين الشكل ان إشارة تعيين اللون عبارة عن سلاسل (دفعات) من ذبذبات معدلة التردد يتغير ترددها خطياً فى فترة مسح الخط متزايدة ومتناقصة على التناوب (الشكل ١٤ - ١٨ - تحت) . ويتم ارسال إشارة تعيين اللون فى وقت كل نبضة اطفاء رأسى خلال فترات تسعة خطوط : الخطوط 320 - 328 للمجالات الزوجية والخطوط 329 - 334 للمجالات الفردية .

وتعمل وحدة تعيين اللون فى جهاز الاستقبال بمبدأ مقارنة قطبية نبضات تعيين اللون بعد كشفها مع قطبية نبضات المسح الرأسى فى جهاز الاستقبال .

وعند اختلال قطبية نبضات التعيين تظهر فى خرج وحدة تعيين اللون فى جهاز الاستقبال نبضة تقوم بعكس طور المفتاح الالكترونى .

٣) اختيار تردد الحاملة الفرعية وضمان التآلف : طالما ان اشارتى الاختلاف اللونى ترسلان فى نظام SECAM بتعديل تردد الحاملة الفرعية ، فان حل مسائل التآلف مع التلفزيون الاسود والابيض يختلف فى حالة نظام SECAM عما هو فى حالة نظام NTSC .

ففى حالة تعديل التردد يتأرجح تردد الحاملة الفرعية ويتغير طورها باستمرار ( ويعتمد طور ذبذبات الحاملة الفرعية على الالوان الجارى ارسالها ويتغير من خط الى خط ) . ولذلك لا تجدى هنا طريقة التزامن الترددى ( انزياح تردد الحاملة الفرعية بمقدار نصف التردد الافقى ) . وتسبب الحاملة الفرعية فى منظومة SESAM على شاشات أجهزة التلفزيون الاسود والابيض عند استقبال البرامج الملونة نمطا نقطيا عشوائيا .

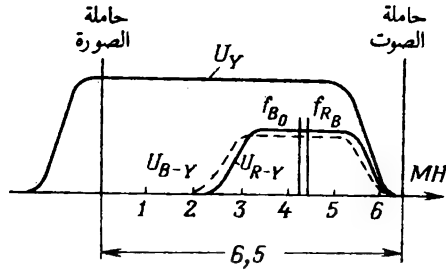
ولقد بينت الابحاث التجريبية التى استهدفت ايجاد طرائق لتقليل ملحوظية الحاملة الفرعية على شاشات اجهزة التلفزيون الاسود والابيض انه رغم تغير طور الحاملة الفرعية اثناء فترة الخط باستمرار ، يمكن تقليل ملحوظية الحاملة الفرعية كثيرا بتبديل طور الحاملة الفرعية بانتظام ( اى حسب قانون معين ) كل خط وكل مجال .

وبينت الاختبارات الكثيرة ان افضل النتائج هى التى نحصل عليها بطريقة عكس طور الحاملة الفرعية المعدلة قبيل بدء كل مجال وعلى كل خط ثالث . وفى هذه الحالة ينبغى ان يكون تردد الحاملة الفرعية من اضعاف التردد الافقى . ومن اجل تحسين نسبة الاشارة الى الضوضاء ترسل اشارتا الاختلاف اللونى فى نظام SECAM الاذاعى على حاملتين فرعيتين مختلفتى التردد ( الشكل ١٤ - ١٩ ) :

١ - ترسل الاشارة  $B-Y$  على التردد  $f_{BO} = 272 f_H = 4.24 \text{ MHz}$  ؛

٢ - ترسل الاشارة  $R-Y$  على التردد  $f_{RO} = 284 f_H = 4.406 \text{ MHz}$  .

٤) رفع حصانة منظومة SECAM ضد الضوضاء : كما نعلم من نظرية تعديل التردد ، ان حصانة استقبال الذبذبات المعدلة التردد ضد الضوضاء تكون اعلى ، كلما زاد دليل التعديل ( اى كلما زاد عمق التعديل ) .



الشكل ١٤ - ١٩. ترتيب طيفي اشارتي الاختلاف اللوني داخل طيف اشارة النصوص

وانحراف التردد ( $\Delta f$ ) في نظام SECAM هو ٢٨٠ كيلوهرتز ،  
واعلى ترددات التعديل ( $F_{max}$ ) هو ١,٤ ميغاهرتز . وبذلك يكون دليل تعديل  
التردد اقل كثيرا من الواحد :

$$m_f = \frac{\Delta f}{F_{max}} = \frac{0.28 \text{ MHz}}{1.4 \text{ MHz}} = 0.20$$

وينجم عن صغر دليل تعديل التردد في منظومة SECAM ان تكون  
حصانيتها ضد الضوضاء اقل كثيرا من حصانة المنظومات ذات التعديل المتوازن  
(NTSC و PAL) . ومن غير المسموح به زيادة دليل تعديل التردد في  
منظومة SECAM على حساب زيادة انحراف التردد  $\Delta f$  لثلا يزداد كثيرا عرض  
النطاق الترددي الذي تشغله اشارتنا الاختلاف اللوني في نطاق ترددات الاشارة  
النصوية .

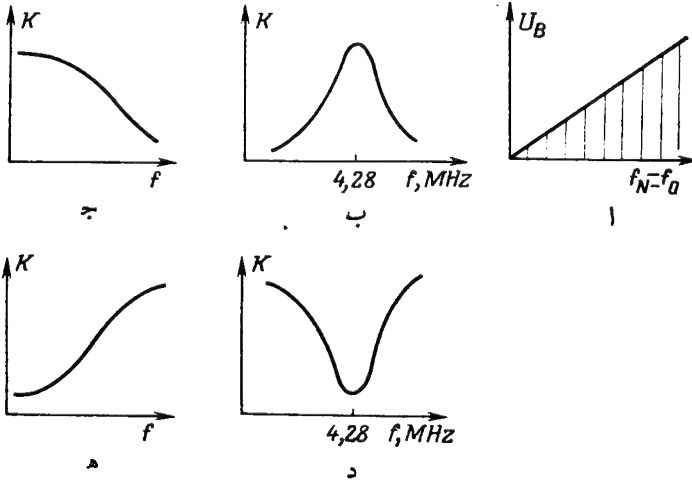
ومن اجل تحسين حصانة منظومة SECAM ضد الضوضاء تستخدم في  
محطة الارسال وحدات خاصة للتشويه المسبق (رفع الذروة) وتستخدم في  
اجهزة الاستقبال وحدات خاصة للتصحيح العكسي (خفض الذروة) . فمن  
المعروف ان فلتية خرج كاشف التردد تتناسب طرديا مع انحراف تردد  
الاشارة المستقبلية ، اى تتناسب مع الفرق بين تردد الاشارة والتردد المركزى  
 $f_s - f_0$  . والتردد المركزى في الحالة المعنية هو التردد الاسمى للحاملة  
الفرعية .

وبالمثل تتوقف الفلتية التى تحدثها الضوضاء العالية التردد فى خرج  
كاشف التردد على الفرق بين ترددها  $f_N$  والتردد المركزى  $f_0$  . واذا كان

تردد الضوضاء مساويا  $f_0$  ، فان هذه الضوضاء تسبب فقط تعديل اتساع الإشارة المعدلة التردد ، ويزال تعديل الاتساع بواسطة محدد الاتساع . وعند اختلاف تردد الضوضاء عن التردد المركزى يظهر تعديل طفيلي ( مزيف ) للتردد . ويكون مقدار التعديل الطفيلي للتردد متناسبا مع الفرق بين الترددين  $f_N$  و  $f_0$  . وعندئذ يكون طيف فلطية الضوضاء الخارجة من كاشف التردد مثلث (الشكل ١٤ - ٢٠ - أ) .

ومع ان طيف الضوضاء المؤثرة على القناة اللاسلكية هو كما معروف طيف متصل ، فان مركبات هذا الطيف تؤثر تأثيرا مختلفا عند استقبال الذبذبات المعدلة التردد . واشد مركبات طيف الضوضاء تأثيرا هى المركبات الموجودة فى منطقة المركبات الجانبية القصوى لطيف الإشارة اللاسلكية .

ويمكن اضعاف تأثير الضوضاء ( التداخلات ) على جودة الصورة الملونة بطريقتين : بالحد من نطاق تمرير التردد العالى ( قبل كاشف التردد ) ، وكذلك بوضع مرشح فى خرج كاشف التردد لاضعاف الترددات العليا للإشارات المكشوفة .



الشكل ١٤ - ٢٠ . توضيح لكيفية رفع حصانة المنظومة ضد الضوضاء : أ - طيف الضوضاء ؛ ب - الاستجابة الترددية لمرشح «كلوش» فى جهاز الاستقبال ؛ ج - الاستجابة الترددية لمرشح الترددات المنخفضة فى جهاز الاستقبال ؛ د - الاستجابة الترددية لرفع الذروة على شكل «كلوش» عكسى ؛ ه - الاستجابة الترددية لمرشح رفع الذروة لدى الترددات المنخفضة

وتستخدم فى نظام SECAM كلتا الطريقتين : يوضع فى جهاز الاستقبال الملون قبل كاشفى التردد مرشح رينى ذو استجابة على شكل جرس (مرشح «كلوش»\*) ، كما يوضع بعد كل من كاشفى التردد مكبر صوتى ذو استجابة ترددية هابطة (الشكل ١٤ - ٢٠ - ب ، ج) .

ومن اجل تعويض تأثير هذه المرشحات والمحافظة على التناسب الصحيح بين المركبات الترددية لاشارتى الاختلاف اللونى تستخدم فى جهاز ترامز نظام SECAM فى محطة الارسل وحدات خاصة للتشويه المسبق (رفع الذروة) :

١- مرشح لرفع الذروة لدى الترددات الصوتية يرفع مستوى الترددات العليا لطيف اشارتى الاختلاف اللونى (قبل معدل التردد) ؛

٢- مرشح لرفع الذروة لدى الترددات العالية ذو استجابة ترددية على شكل جرس مقلوب («كلوش» عكسى) يرفع مستوى المركبات الجانبية لطيف الحاملتين الفرعيتين اللونيتين المعدلتى التردد (الشكل ١٤ - ٢٠ - د ، هـ) .

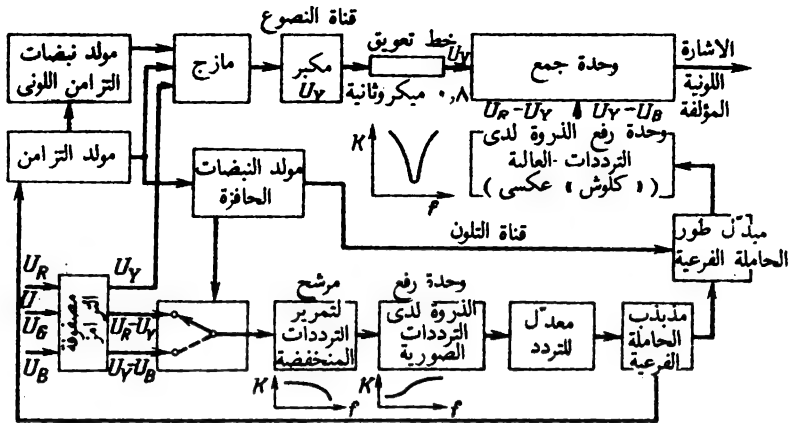
ويساعد استخدام مرشح «الكلوش» العكسى بالاضافة الى ذلك على تقليل ملحوظة الحاملة الفرعية على شاشات اجهزة التلفزيون الاسود والابيض ، اذ انه يحدث كبتا جزئيا للذبذبات الحاملة الفرعية عند الترددات القريبة الى ٤,٢٤ و ٤,٤٠٦ ميگاهرتز .

٥ جهاز ترامز نظام SECAM : ان الغرض من جهاز الترامز هو تشكيل الاشارة اللونية المؤلفة . ويشتمل جهاز الترامز (الشكل ١٤ - ٢١) على قناتين : قناة الاشارة النصوعية وقناة اشارتى التلون . وتضاف الى اشارة النصوع نبضات التزامن والاطفاء الافقية والرأسية . ويستخدم فى قناة النصوع خط تعويق من اجل المطابقة الزمنية للاشارة النصوعية واسارة التلون . ويلزم ذلك لأن اشارتى التلون تمران من خلال قناة ضيقة النطاق يكون التعوق فيها اكبر مما فى قناة النصوع ذات النطاق العريض .

ويستخدم فى قناة التلون بعد المفتاح الالكترونى مباشرة مرشح لترميز الترددات المنخفضة يكبت المركبات الطيفية لاشارتى الاختلاف اللونى عند

---

\* كلمة «كلوش» تعنى بالفرنسية جرس .



الشكل ١٤ - ٢١. رسم تخطيطي لمراحل وحدة ترميز نظام SECAM

الترددات التي تزيد عن ١,٥ ميغاهرتز . وتوضع بعد مرشح الترددات المنخفضة وحدة لرفع النبوة لدى الترددات الصورية ، وتقوم هذه الوحدة برفع مستوى المركبات الترددية العليا لطيف اشارتى الاختلاف اللوني .

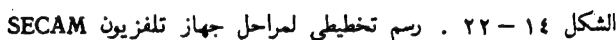
ويضمن مبدل الطور المستخدم بعد مذبذب الحاملة الفرعية المعدل تردديا انعكاس طور الحاملة الفرعية بالتتابع اللازم لاضعاف ملحوظية « الشبكة » (الناجمة عن الحاملة الفرعية) على شاشات اجهزة التلفزيون الاسود والابيض . وتوضع بعد مبدل طور الحاملة الفرعية وحدة لرفع النبوة لدى الترددات العالية ذات استجابة ترددية على شكل جرس مقلوب ( « كلوش » عكسى ) . وتؤلف هذه الوحدة بحيث يحدث اقصى انقاص لاتساع الحاملة الفرعية عند تردد يساوى ٤,٢٨ ميغاهرتز .

### البند ١٤ - ١٣ جهاز الاستقبال الملون لنظام SECAM

ان جهاز استقبال SECAM مماثل تقريبا لجهاز التلفزيون الاسود والابيض العادى من حيث قسم الترددات المرتفعة (ونورد فى الشكل ١٤ - ٢٢ رسما تخطيطيا لمراحل جهاز SECAM لم نبين فيه المقوم توخيا للبساطة) .

وحيث ان وصف الرسم التخطيطى الكامل لدائرة جهاز الاستقبال الملون لا يدخل ضمن نطاق هذا الكتاب ، فاننا سنتعرض هنا باختصار الى الوحدات





وتوصل الإشارة بعد ذلك الى محدد الاتساع من اجل « اقتضاب » تعديل الاتساع الطفيلي ( المزيف ) . وتسلط الإشارة بعد الحد من اتساعها على مكبر نطاقى \* ( من ٢ الى ٦ ميگاهرتز تقريبا ) . ويوصل المكبر النطاقى الى المفتاح المبدل الالكترونى بقناتين متوازيتين : قناة « مباشرة » وقناة « معوقة » . ويتم تعويض مفقودات خط التعويق DL2 بواسطة مكبر القناة المعوقة .

۲۷۷

ويوصل خرّجا المبدل الالكترونى الى قناتى التلون  $R-Y$  و  $B-Y$  . وتشتمل كل قناة على مكبر و مميز ( كاشف للتردد ) ومكبر خرّج صورى ذى استجابة ترددية هابطة ( لتعويض التشوهات المسبقة المحدثّة فى محطة الارسل ) . وتستخدم مصفوفة فك الترامز لتكوين الاشارة الثالثة للاختلاف اللونى  $G-Y$  من الاشارتين  $R-Y$  و  $B-Y$  .

ويتم التحكم فى عمل المفتاح المبدل الالكترونى بواسطة مولد النبضات الحافزة الذى تقوم بمزامنته نبضات المسح الافقى فى جهاز التلفزيون .

لتأمل مبدأ عمل وحدة تعيين اللون المتحركة فى عمل قسم التلون . ان اشارة تعيين اللون التى تصل من المبدل الالكترونى الى القناة  $R-Y$

فى حالة عمل المبدل بطور صحيح ينبغى ان تكون ذات تردد متزايد ( فى فترات الخطوط 7 ، 9 ، 11 ، 13 ، 15 كما مبين بالشكل ١٤ - ١٨ )

عندما يجرى تعديل الحاملة الفرعية بنبضة سن منشار موجبة القطبية . وينبغى ان تكون اشارة تعيين اللون التى تصل الى القناة  $B-Y$  ذات تردد متزايد ( فى فترات

الخطوط 8 ، 10 ، 12 ، 14 ) عندما يجرى التعديل بنبضة سالبة القطبية . وعندئذ تظهر على دخل كل من المميزين نبضات سن منشار موجبة القطبية .

وتجمع نبضات سن المنشار الخارجة من القناتين  $R-Y$  و  $B-Y$  فى القناة  $G-Y$  ( الشكل ١٤ - ٢٣ ) . ويجرى تكامل سلسلة نبضات سن المنشار

الناتجة ، ثم تسلط على وحدة تعيين

اللون . وفى هذه الوحدة تتم مقارنة

نبضة التعيين المتكاملة مع نبضة

المسح الراسى .

واذا كانت نبضة التعيين

المتكاملة صحيحة القطبية ، فان

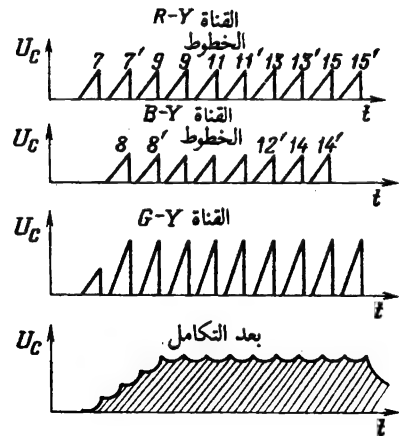
دائرة المقارنة لا تشتغل . اما اذا

كان المبدل الالكترونى يعمل بطور

غير صحيح ، فان قطبية نبضات

سن المنشار الخارجة من المميزين

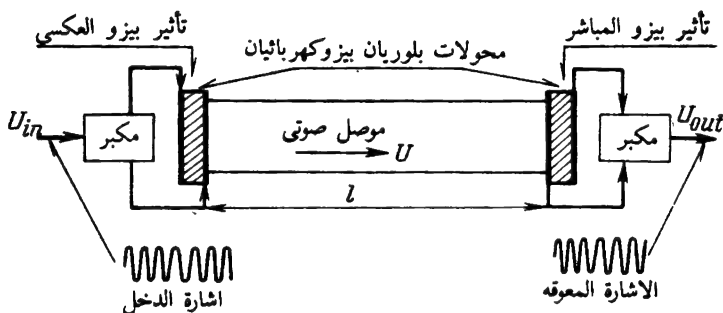
تكون سالبة القطبية ، ولذا تصل



الشكل ١٤ - ٢٣ . رسوم موضحة لعمل وحدة تعيين اللون فى جهاز تلفزيون SECAM

الى دائرة المقارنة نبضة متكاملة ذات قطبية سالبة ايضا . وعندئذ تشتغل دائرة المقارنة ، فتولد وحدة تعيين اللون نبضة تقوم بعكس طور المبدل الالكترونى . وفى نفس الوقت تسلط على المكبر النطاقي ( « المحجوز » ) نبضة تجعله يمنع مرور اشارتى التلون الى ان يعمل المبدل بطور صحيح .

( ٢ ) خط تعويق اشارتى التلون : كما يستنتج من وصف نظام SECAM ينبغي ان يقوم خط تعويق اشارتى التلون فى جهاز الاستقبال بتعويق الاشارتين لمدة تساوى ٦٤ ميكروثانية ، وينبغى ان يكون فى نفس الوقت عريض النطاق ( يجب ان يمرر نطاقا عرضه عدة ميگاهرتزات ) . ولكن خطوط التعويق ذات

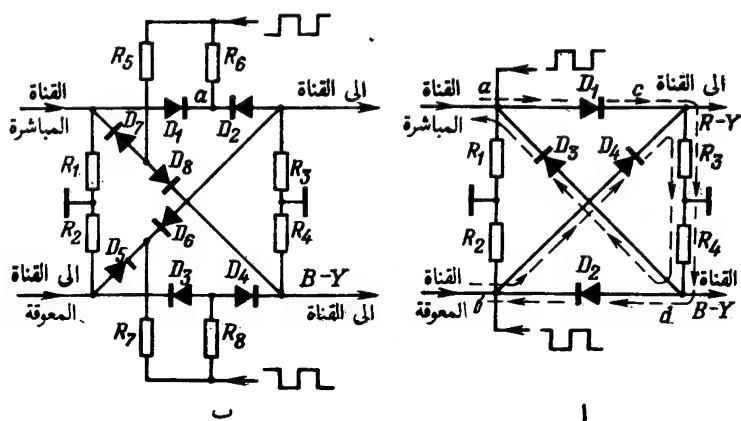


الشكل ١٤ - ٢٤ . خط التعويق فوق السمعى

الثوابت المجمعة والنطاق العريض المستخدمة فى أجهزة اللاسلكى لا تستطيع ان تضمن تعويقا يزيد عن عدة ميكروثوان ، كما ان خطوط التعويق ذات الثوابت الموزعة ( كوابل التعويق ) تعطى تعويقا قليلا نسبيا يساوى عدة اجزاء من الميكروثانية لكل متر ( ولتعويق الاشارة ٦٤ ميكروثانية يلزم كابل طوله حوالى ١٠٠ م ) . ولذلك تستخدم فى اجهزة تلفزيون SECAM خطوط التعويق الكهروميكانيكية فوق السمعية ( الشكل ١٤ - ٢٤ ) التى تتكون من محولين كهربائيين اجهاديين ( بيزوكهربائيين ) وموصل صوتى . وتسلط اشارة التلون المعدلة التردد على الكترودى المحول الكهربائى الاجهادى المشع الذى تنشأ فيه بتأثير المجال الكهربائى المتردد ذبذبات ميكانيكية ( فوق سمعية ) . وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير الكهربائى الاجهادى ( البيزوكهربائى ) العكسى . وتنتشر

الذبذبات فوق السمعية على طول الموصل الصوتى وتصل الى المحول الكهربائى الاجهاذى الثانى الذى تتحول فيه الذبذبات الميكانيكية الى فلتية كهربائية مترددة تؤخذ من الكتروديه . وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير الكهربائى الاجهاذى (البيزوكهربائى) المباشر .

ويكون وقت التعويق مساويا لحاصل قسمة طول الموصل الصوتى على سرعة انتشار الموجة الصوتية (الميكانيكية) فى مادة الموصل الصوتى . وطالما ان سرعة انتشار الذبذبات الميكانيكية اقل كثيرا من سرعة انتشار الذبذبات الكهربائية ، فان الابعاد الهندسية لخطوط التعويق فوق السمعية تكون غير كبيرة . ويمكن ان يستخدم كموصل صوتى وسط سائل (ماء ، زيتق) او وسط صلب (زجاج ، فولاذ) . ويستخدم فى خطوط تعويق اجهزة التلفزيون الملون عادة قضيب فولاذى يلحم بطرفيه محولان كهربائيان اجهاذيان (من تيتانات الرصاص مثلا) . ومن اجل زيادة فعالية عمل خطوط التعويق فوق السمعية تستخدم فى الموصل الصوتى ذبذبات ميكانيكية مستعرضة . ويكون عرض نطاق مثل هذه الخطوط حوالى ٣ ميگاهرتز ، تكون معاوقتنا الدخل والخرج حوالى ١٠٠ اوم ، بينما تكون سعنا الدخل والخرج حوالى ١٠٠٠ بيكوفاراد . ونظرا لصغر المعاوقتين وكبر السعتين ، فمن الضرورى استخدام محولات للتوفيق .



الشكل ١٤ - ٢٥. دائرة المبدل الالكترونى : أ - رباعى الثنائيات ؛ ب - ثمانى الثنائيات

(٣) المفتاح المبدل الالكتروني : من اجل تبديل قناتي التلون فى اجهزة التلفزيون الملون تستخدم مفاتيح مبدلة الكترونية تعمل بثنائيات بلورية .  
لتأمل عمل المبدل البسيط ذى الثنائيات الاربعة ( الشكل ١٤ - ٢٥ - أ ) .

ان النبضات الحافزة المسلطة على النقطتين  $a$  و  $b$  تجعل فلتيتيهما متعاكستى الطور . واذا افترضنا ان النقطة  $a$  ذات جهد موجب وان النقطة  $b$  ذات جهد سالب ، فان الثنائيين  $D_1$  و  $D_2$  يكونان فى حالة التوصيل . وعندئذ تكون الاشارة المباشرة مسلطة على القناة  $R-Y$  ، بينما تكون الاشارة المعوقة مسلطة على القناة  $B-Y$  . واذا كانت النبضات الحافزة ذات قطبية معاكسة (فى النقطتين  $a$  و  $b$ ) ، فانها تدفع الى التوصيل الثنائيين  $D_3$  و  $D_4$  . وفى هذه الحالة تكون الاشارة المباشرة مسلطة على القناة  $B-Y$  ، بينما تكون الاشارة المعوقة مسلطة على القناة  $B-Y$  .

وبين، الشكل ١٤ - ٢٥ - ب رسما تخطيطيا لمبدل الكتروني اكثر كمالات ذى ثمانية ثنائيات . لنفترض ان النقطة  $a$  ذات جهد موجب وان النقطة  $b$  ذات جهد سالب . وعندئذ تكون الثنائيات  $D_1$  ،  $D_2$  ،  $D_3$  ،  $D_4$  فى حالة التوصيل ، فتكون الاشارة المباشرة مسلطة على القناة  $R-Y$  وتكون الاشارة المعوقة مسلطة على القناة  $R-Y$  . وعند تبدل قطبية النبضات الحافزة تصبح الثنائيات  $D_1$  ،  $D_2$  ،  $D_3$  ،  $D_4$  فى حالة التوصيل ، فتوصل الاشارة المباشرة الى القناة  $R-Y$  والاشارة المعوقة الى القناة  $B-Y$  .

ويضمن المبدل الثمانى الثنائيات مستوى اقل للشبهات التخالطية (الحديث التداخلى) ، طالما انه يتميز بسعة تخيلية اقل لكل من فروع (اذ ان السعة الكلية للثنائيين الموصلين على التوالى اقل مرتين من سعة كل منهما) .  
ويضمن المبدل الثمانى الثنائيات فى نفس الوقت الحد من اتساع الحاملة الفرعية .

(٤) وحدة التقارب الدينامى لاشعة انبوب الصورة الملونة : ان الغرض من وحدة التقارب هو ضمان تقاطع الاشعة الثلاثة لأنبوب بالصورة على مستوى القناع المعزىء للألوان .

وللحصول على صورة ملونة غير مشوهة ينبغي ان تتقابل الاشعة الثلاثة دائما فى مستوى القناع ، كما ينبغي ان تمر فى كل لحظة من ثقب واحد مشترك عند انحرافها فى اى اتجاه ضمن حدود الشاشة .

وتشتمل وحدة التقارب الدينامى على ثلاثة مغنطيسات كهربائية تركيب على عنق انبوب الصورة ، كما تشتمل على دائرة كهربائية تقوم بتشكيل تيارات ذات شكل خاص لتغذية ملفات المغنطيسات الكهربائية . ويكون كل مغنطيس ذا ملفين للتقارب خلال المسح الافقى وملفين للتقارب خلال المسح الرأسى . ويتم تشكيل اشارات التقارب بواسطة دوائر للاستثارة الصدمية تستثار بنبضات افقية ورأسية تؤخذ من دوائر المسح فى جهاز التلفزيون .

## الفصل الخامس عشر تسجيل الصور التلفزيونية

### البند ١٥ - ١ معلومات عامة

ان ضرورة تكرار البرامج التلفزيونية وارجالها الى المناطق ذات التوقيت المختلف واسبابا اخرى تقتضى ان يكون بالامكان حفظ الصورة التلفزيونية مدة طويلة واعادة انتاجها فيما بعد .

ويمكن حفظ ( تسجيل ) الصورة التلفزيونية بعدة طرائق تستخدم منها حاليا :

- ١ - طريقة التصوير السينمائي للصورة التلفزيونية المعاد انتاجها على شاشة انبوب الصورة ( التسجيل السينمائي من الكاينسكوب ) ؛
- ٢ - طريقة التسجيل المغنطيسى للاشارات التلفزيونية .

### البند ١٥ - ٢ التسجيل السينمائي من شاشة أنبوب الصورة ( الكاينسكوب )

يكون التصوير السينمائي من شاشة انبوب الصورة ( الكاينسكوب ) ابسط ما يمكن فى حالة المسح التقدسى . وفى هذه الحالة يمكن ان تستخدم كاميرا التصوير السينمائي النموذجية ، على ان يتم ربط ( مزامنة ) حركة الفلم فى الكاميرا باحكام مع تردد الانحراف الرأسى فى انبوب الصورة \* .

ويكون التصوير السينمائي للصورة التلفزيونية اعقد بكثير فى حالة المسح المتشابك المستخدم فى النظام التلفزيونى الاذاعى . وابسط طريقة للتصوير السينمائي فى هذه الحالة هى طريقة تصوير مجال واحد من كل اطار ، اى تصوير المجالات الزوجية او الفردية فقط . وتمتاز هذه الطريقة بأنها تسمح

---

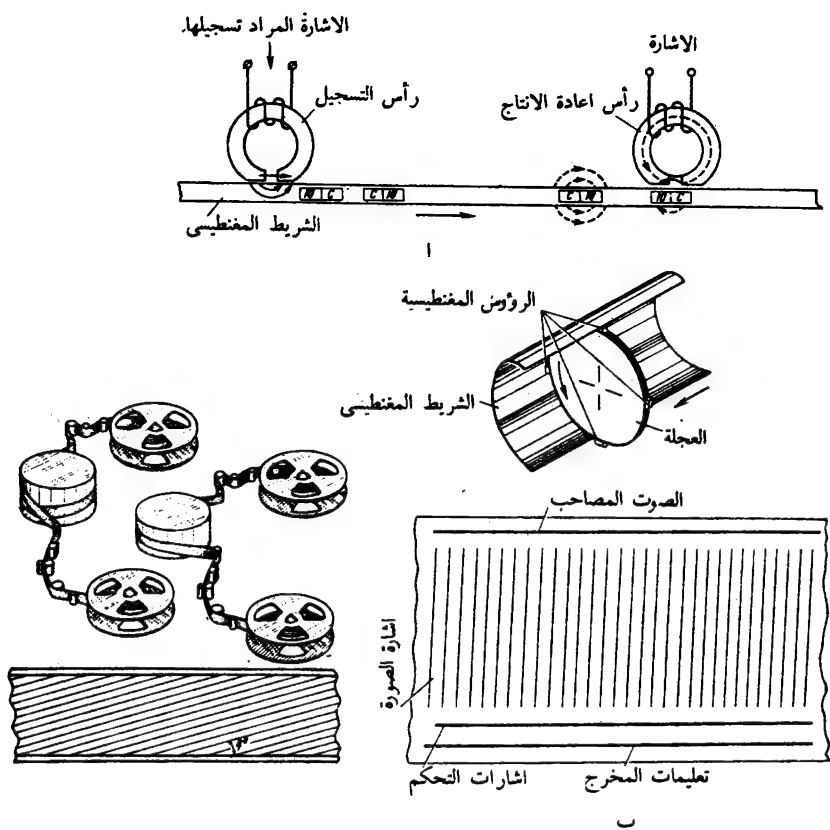
\* ينبغي ايضا ان يكون وقت سحب الفلم فى الكاميرا منازرا لفترة الارتداد الرأسى . فعندما يكون وقت سحب الفلم اكبر من فترة الارتداد ، يضيع عدد من خطوط الاطار .

٣  
 باستخدام اجهزة التصوير السينمائي العادية التى يجرى سحب الفلم فيها خلال وقت طويل نسبيا . وتستخدم الطريقة المذكورة فى الحالات التى تتيح خفض بيان الصورة (على حساب فقد نصف المجالات) .  
 وثمة طريقة اخرى تسمح باستعمال اجهزة التصوير السينمائي القياسية . وتتلخص هذه الطريقة فى استخدام سطح وسيط يقوم باختزان (حفظ) صورة كلا المجالين (الفردى والزوجى) خلال فترة الاطار الكامل . ويجرى التصوير فى اللحظة التى يكون قد تم فيها تسجيل كلا المجالين على السطح الوسيط . ويمكن ان تستخدم بمثابة هذا السطح الوسيط شاشة انبوب صورة (كاينسكوب) تعطى المداومة الضرورية .

### البند ١٥ - ٣ التسجيل المغنطيسى لاشارات الصورة

- (١) فكرة عامة : لقد شاعت طريقة التسجيل المغنطيسى للاشارات الكهربائية على نطاق واسع جدا بفضل المزايا التالية :  
 ١- يمكن اعادة انتاج التسجيل فورا ، اذ انه لا لزوم لأية معاملة اضافية ؛
  - ٢- يمكن تحويل طيف الاشارة المسجلة بتغيير سرعة تحرك الشريط المغنطيسى عند اعادة الانتاج ؛
  - ٣- من السهل محو التسجيل (بازالة التمثيل) واستخدام الشريط المغنطيسى مرات كثيرة .
- ويتلخص مبدأ التسجيل المغنطيسى (الشكل ١٥ - ١ - أ) فيما يلى :
- تسلط الاشارات الكهربائية المطلوب تسجيلها على ملف رأس التسجيل المغنطيسى الذى هو عبارة عن مغنطيس كهربائى ذى ثغرة عاملة ضيقة تسمى ثغرة التسجيل . ويتحرك امام الثغرة العاملة لرأس التسجيل شريط مغنطيسى ذو سرعة ثابتة . وتتغير شدة المجال المغنطيسى فى حيز الثغرة مع الاشارة الكهربائية ، وبذلك تتمغنط للاجزاء المختلفة للشريط المغنطيسى المار امام الثغرة تمغنطا مختلفا . وعند استعادة (اعادة انتاج) التسجيل يتحرك الشريط





الشكل ١٥ - ١. التسجيل المغنطيسي لاشارات الصورة : أ - مبدأ التسجيل المغنطيسي ؛ ب - التسجيل المستعرض بواسطة رؤوس مغنطيسية دوارة ؛ التسجيل المائل (الحلزوني) للاشارات التلفزيونية بواسطة رؤوس دوارة

الممغنط امام ثغرة رأس اعادة الانتاج ، فيستثير في ملفه قوة دافعة كه بائية ذات شكل موجي مماثل لشكل الاشارة الكهربائية المسجلة .

وتختار قلوب الرؤوس المغنطيسية من مواد ذات انفاذية مغنطيسية عالية كالبرمالوى والفريت . وتجمع قلوب البرمالوى من انصاف حلقات مشكلة من صفائح رقيقة بالختم ، وتشكل قلوب الفريت بالكبس . وتملأ الثغرة العاملة بمادة غير مغنطيسية (رقيقة من رقائق البرونز او النحاس الاصفر) .

ويزداد اقصى تردد يمكن تسجيله ، كلما ازدادت سرعة الشريط ، وكلما كانت حبيبات الطبقة ذات الانفاذية المغنطيسية العالية اداق ، وكلما كانت الثغرة العاملة فى الرأس المغنطيسى اضيق .  
ويرتبط التردد الاعلى للاشارة الذى يمكن تسجيله بسرعة الشريط بالنسبة الى الرأس بعلاقة بسيطة :

$$f_{\max} = \frac{v}{\lambda_{\min}}$$

حيث  $v$  سرعة الشريط ؛

و  $\lambda_{\min}$  اقل طول موجى يمكن تسجيله بالرأس المغنطيسى .  
وتكون قيمة  $\lambda_{\min}$  للبرؤوس المغنطيسية العصرية حوالى ٤ - ٦ ميكرونات .

لنحسب السرعة التى يجب ان يتحرك بها الشريط المغنطيسى من اجل تسجيل اقصى تردد للاشارة الصورية ( ٦ ميگاهرتز ) :

$$v = f_{\max} \cdot \lambda = 6 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 30 \text{ m/sec}$$

ويجدر ان نذكر للمقارنة ان سرعة تحرك الشريط المغنطيسى فى المسجلات المنزلية تتراوح بين ٤ و ١٩ سم/ثانية .

وفى حالة استخدام السرعة ٣٠ م/ثانية يكون مصروف الشريط هائلا :  
١,٨ كم لكل دقيقة تسجيل و ١٠٨ كم لكل ساعة تسجيل . وبالإضافة الى ذلك ، يعانى الشريط الذى يتحرك بمثل تلك السرعة الهائلة من توتر شديد جدا يؤدى الى تمزقه بكثرة . وعلى هذا النحو ، نجد ان الطريقة العادية للتسجيل المغنطيسى المباشر بروؤوس مغنطيسية غير متحركة على شريط مغنطيسى متحرك غير صالحة لتسجيل الاشارات الصورية .

وقد ابتكرت طرائق عديدة لتسجيل اشارات الصورة بسرعة منخفضة نسبيا للشريط المغنطيسى :

١ - التسجيل المتعدد القنوات ( المتعدد المسارات او المدارج ) على شريط مغنطيسى عريض مع تقسيم الاشارات طيفيا ؛

٢ - التسجيل المتعدد القنوات (المتعدد المسارات او المدارج) على شريط مغنطيسى عريض مع تقسيم الاشارات زمنيا ؛

٣ - التسجيل بروؤوس مغنطيسية دوارة ، مما يسمح بالحصول على سرعة نسبية عالية للشريط بالنسبة الى الرأس لدى سرعة منخفضة نسبيا لتحرك الشريط .

ولقد بين التطبيق العملي ان اكثر هذه الطرائق صلاحية لتسجيل الاشارات الصورية هي طريقة التسجيل بروؤوس دوارة .

وتصمم اجهزة التسجيل الصورى ( « المرئى » ) ذات الروؤوس الدوار كينماتيا ( حركيا ) بطريقتين :

١ - يستخدم شريط مغنطيسى عريض ( ٥٠ او ٧٠ مم ) يتحرك ببطء نسبيا ( بسرعة ٠,٥ م/ثانية ) على موازاة محور عجلة ( قرص ) دوارة ذات اربعة روؤوس مغنطيسية ؛ وفى هذه الحالة تكون خطوط التسجيل مستعرضة بالنسبة الى محور الشريط ( الشكل ١٥ - ١ - ب ) ؛

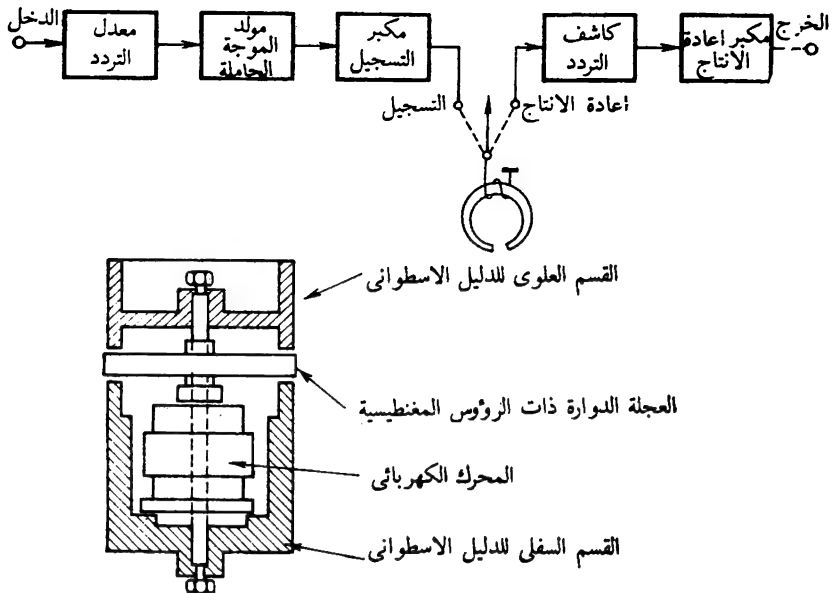
٢ - يستخدم شريط مغنطيسى عريض ( ٢٥ او ٥٠ مم ) يحيط بدليل اسطوانى ( دارة موجهة ) له فرجة دائرية تدور فيها عجلة ذات رأس او رأسين مغنطيسيين . ويتم توجيه الشريط بحيث تكون مدارج التسجيل متوازية ومائلة بزاوية حادة \* ( الشكل ١٥ - ١ - ب ) .

وتصمم بالطريقة الاولى عادة اجهزة التسجيل الصورى المهنية ( العالية الجودة ) المستخدمة فى محطات التلفزيون ، بينما تصمم بالطريقة الثانية اجهزة التسجيل المبسطة التى تستخدم لأغراض الريبورتاج والاغراض التطبيقية ، كما تستخدم فى المنازل ( مع اجهزة التلفزيون ) .

وينبغى ان يراعى عند تصميم اجهزة التسجيل الصورى ان الفلطية المستحثة فى الرأس المغنطيسى لدى اعادة الانتاج تهبط بحدة عند ادنى ترددات طيف الاشارة الصورية ( حوالى ٥٠ هرتز ) ، طالما ان القوة الدافعة الكهربائية المستحثة تتناسب طرديا مع سرعة تغير التدفق المغنطيسى . فبذلك

---

\* طالما ان الشريط يحيط بالدليل الاسطوانى حلزونيا ، فان التسجيل بهذه الطريقة يدعى بالتسجيل الحلزونى او اللولبى .



الشكل ١٥ - ٢ . رسم تخطيطى مبسط لمرحلة تسجيل وإعادة انتاج الاشارات الصوتية ومقطع تخطيطى للدليل الاسطوانى فى جهاز التسجيل الصوتى ذى التسجيل المائل ( الحلزوني )

تسوء فى نفس الوقت نسبة الاشارة الى الضوضاء ، اذ انه لا يمكن تعويض هبوط مستوى الترددات المنخفضة بمعادلة استجابة مكبر إعادة الانتاج عند هذه الترددات .

ولذلك تستخدم فى اجهزة التسجيل الصوتى ( الشكل ١٥ - ٢ ) طريقة نقل طيف الاشارة الجارى تسجيلها الى منطقة الترددات الاعلى . ويجرى ذلك بواسطة التعديل الترددى لكى يمكن استخدام محدد اتساع عند إعادة الانتاج من اجل كبت التعديل الطفيلى لاتساع الاشارة الذى ينشأ فى عملية التسجيل نتيجة لتغير درجة تلامس الرأس مع الشريط ( نتيجة لعيوب الشريط واسباب اخرى ) .

ولكى لا يتسع كثيرا طيف الترددات التى ينبغى تسجيلها ، يختار تردد الموجة الحاملة قريبا للحد الاعلى لنطاق ترددات الاشارة الصوتية ، كما يختار دليل التعديل اقل من الواحد ( ويسمى تعديل التردد فى هذه الحالة ضيق النطاق ) . ولالغاء تأثير الموجة الحاملة تستخدم المعدلات المتوازنة . وتشتمل دائرة إعادة الانتاج على كاشف للتعديل ( كاشف للتردد ) .

## البند ١٥ - ٤ اجهزة التسجيل الصورى المهنية العالية الجودة

لنستعرض على سبيل المثال وصفا موجزا لجهاز التسجيل الصورى السوفيتى « كادر - ٣ » ( « КАДР - 3 » ) المخصص لتسجيل واذاعة ( اعادة انتاج ) الصور السوداء والبيضاء والصور الملونة . ويجرى التسجيل على شريط عرضه ٨,٥٠ مم ( ٢ بوصة ) بأربعة رؤوس مغناطيسية تدور بسرعة ١٥٠٠٠ دورة فى الدقيقة .

ويتم تبديل الرؤوس الدوارة بواسطة محولات لاقطة للتيار بدون تلامس (وعيب لاقطات التيار ذات الملامسات الانزلاقية المستخدمة فى طرازات اخرى لأجهزة التسجيل الصورى هو قلة اعتماديتها) . والسرعة الانتقالية للشريط ٨,١٩ او ٧,٣٩ سم/ثانية . والسرعة الخطية للرؤوس المغناطيسية بالنسبة الى الشريط ٤٠ م/ثانية تقريبا . ويتم تسجيل الاشارة الصورية على مدارج مغناطيسية مستعرضة تشغل الجزء المتوسط للشريط . ويسجل على كل مدرج حوالى ١٦ خط من خطوط المسح التلفزيونى . ويتم تسجيل الصوت المصاحب واشارة التحكم واشارة الملاحظات ( تعليمات المخرج ) على مدارج مغناطيسية طولانية تشغل حافتي ( هامشى ) الشريط . ويمتد النطاق الترددى لقناة الاشارة الصورية من ٥٠ هرتز الى ٦,٥ ميگاهرتز .

ومن عيوب التسجيل الصورى بمثل هذه الطريقة قصر عمر استخدام الرؤوس المغناطيسية الذى هو حوالى ٢٠٠ ساعة لكل مجموعة من الرؤوس . ويفسر قصر عمر استخدام الرؤوس بأنها تستهلك ميكانيكيا بشدة ، اذ ان سرعتها الخطية العالية بالنسبة الى سطح الشريط المغناطيسى تؤدى الى ابلائها بسرعة .

ومع ان جهاز التسجيل المغناطيسى الصورى من الطراز السابق وصفه هو جهاز كثير التكاليف ومعقد تكنولوجيا ويتطلب صيانة مؤهلة ، فان الاثر الاقتصادى لاستخدام التسجيل الصورى يعوض كل المصاريف .

هذا وان اجهزة التسجيل الصورى من مثل ذلك الطراز تعطى تسجيلا ذا جودة عالية جدا .

## البند ١٥-٥ اجهزة التسجيل الصوري المبسطة

تصمم اجهزة التسجيل الصوري المبسطة بالطريقة الكينمائية ( الحركية )  
التي تعطى مدارج مغناطيسية مائلة .

والعنصر الاساسى لمثل هذه الاجهزة هو الدليل الاسطوانى المسجل  
( الشكل ١٥-٢-ب ) الذى يتألف من قسمين . ويركب داخل الدليل  
الاسطوانى محرك كهربائى يقوم بادارة عجلة ذات رأس مغناطيسى ( او  
رأسين ) . وينفذ الرأس ( او الرأسان ) من خلال الفرجة الموجودة بين القسمين  
العلوى والسفلى للدليل الاسطوانى ويبرز عن السطح الاسطوانى بمقدار ٠,١  
مم ضاغطا على الشريط المغناطيسى العريض ( ٢٥-٥٠ مم ) الذى يحيط  
بالدليل الاسطوانى حلزونيا . ويكون قطر الدليل الاسطوانى المسجل عادة  
١٥٠-٢٥٠ مم ، وتكون سرعة دورانه حوالى ٢٠٠٠-٣٠٠٠ دورة فى  
الدقيقة . وتختار سرعة الشريط حوالى ١٠-٢٥ سم/ثانية . ويحيط الشريط  
فى بعض الطرازات بنصف محيط الدليل الاسطوانى فقط ، بينما يقوم  
فى طرازات اخرى بدورة كاملة ( على شكل انشوطة ) . وتوضع البكرتان  
( الطارتان ) العاطية والآخذة بحيث تكون الزاوية بين محور الشريط ومستوى  
العجلة حوالى ٤° . وتبلغ السرعة الخطية للرأس المغناطيسى ٢٠-٣٠ م/ثانية .  
ويسجل الرأس على الشريط فى كل دورة من دورة الشريط مدرجا مائلا واحدا  
يستوعب مجالا كاملا من مجالات مسح الصورة التلفزيونية . وتؤدى حركة  
الشريط الى ان يسجل المدرج التالى على خط متزاح نوعا ما . ويكون عرض  
نطاق اجهزة التسجيل الصوري التى تعمل بهذه الطريقة حوالى ٢-٤ ميجاهرتز .  
وتزود المسجلات الصورية النقالة المخصصة للربورتاجات بكاميرات  
للتصوير التلفزيونى . وتنتج المسجلات الصورية المتزلية للعمل مع اجهزة  
الاستقبال التلفزيونى .

ولا يزال نطاق استخدام المسجلات الصورية المبسطة محدودا حتى  
الآن ، لأنها معقدة التصميم وتكلفتها اعلى من تكلفة جهاز التلفزيون الملون .

## البند ١٥-٦ اعادة الانتاج البطئ للتسجيلات الصورية

لقد انتجت في السنوات الاخيرة اجهزة للتسجيل الصورى تسمح باعادة انتاج ( عرض ) التسجيلات الصورية ببطء ، وتسمح علاوة على ذلك « بتجميد » ( « ايقاف » ) الصورة . وتستخدم هذه الاجهزة بنجاح من اجل نقل المباريات الرياضية ، وتجد تطبيقا عمليا واسع النطاق فى الابحاث العلمية والاغراض التعليمية .

ويشتمل جهاز التسجيل الصورى المخصص للعرض البطئ على الوحدات العادية ووحدة خاصة للحفظ ( ذاكرة ) . وهذه الوحدة عبارة عن جهاز معقد يزود بآلية لتحريك الشريط وعجلة ذات رؤوس مغناطيسية خاصة به . ويعتمد عمل وحدة الحفظ على مبدأ الانتقاء ( الحجز ) الزمنى .

## تكنولوجيا الاذاعة التلفزيونية

### البند ١٦ - ١ محطات التلفزيون

يقصد بمحطة التلفزيون مجموعة المنشآت والمعدات المخصصة لاجداث وارسال البرامج التلفزيونية الخاصة بها وارحال برامج المحطات التلفزيونية الاخرى وحفظ البرامج بالتسجيل على الفلم السينمائي او الشريط المغنطيسى . ويمكن ان تدخل ضمن محطة التلفزيون تبعا لدرجة تجهيزها تكنولوجيا الاقسام الانتاجية التالية :

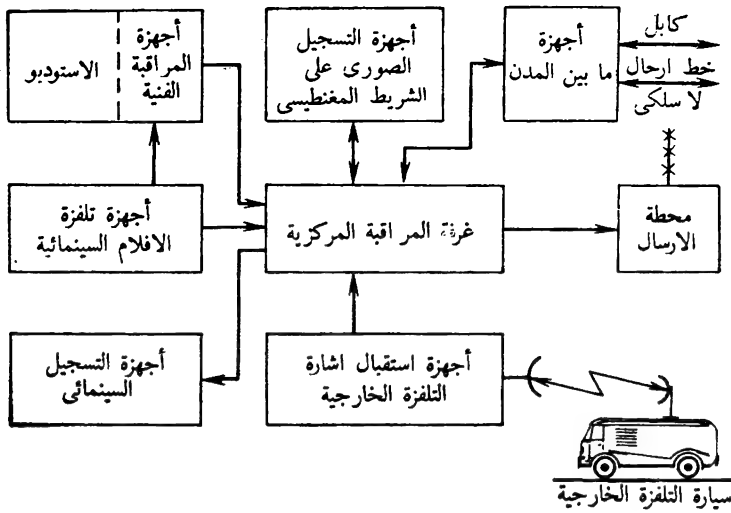
- ١ - قسم الاستوديوهات واجهزتها ؛
- ٢ - محطة الارحال اللاسلكى التلفزيونى ؛
- ٣ - سيارة الاذاعة التلفزيونية الخارجية ( النقل الخارجى ) ؛
- ٤ - قسم تسجيل البرامج التلفزيونية على الفلم السينمائي والشريط المغنطيسى ؛

٥ - قسم معدات تصوير ومعاملة ( تحميص ) الافلام السينمائية التلفزيونية ( قسم السينما او استوديو . السينما ) ؛

٦ - قسم تجهيزات دخول الكابلات وخطوط الارحال اللاسلكى .

ويتم انشاء قسم الاستوديوهات واجهزتها والاقسام الاخرى ومحطة الارسال التلفزيونى اللاسلكى عادة فى نفس المنطقة وربما فى نفس المبنى . وفيما اذا حالت الظروف المحلية دون ذلك ، ينشأ فى المنطقة المتوسطة للمدينة قسم الاستوديوهات واجهزتها فقط ، بينما تقام محطة الارسال خارج المدينة . وفى هذه الحالة يوصل قسم الاستوديوهات واجهزتها مع محطة الارسال بخط اتصال خاص عريض النطاق . ويبين الشكل ١٦ - ١ رسما تخطيطيا نموذجيا لمحطة التلفزيون .





الشكل ١٦ - ١. رسم تخطيطي نموذجي لمراحل محطة التلفزيون

## البند ١٦-٢ قسم الاستوديوهات واجهزتها

تدخل ضمن قسم الاستوديوهات واجهزتها الاستوديوهات التلفزيونية وكاميراتها . واجهزة مراقبتها واجهزة التلسينما .

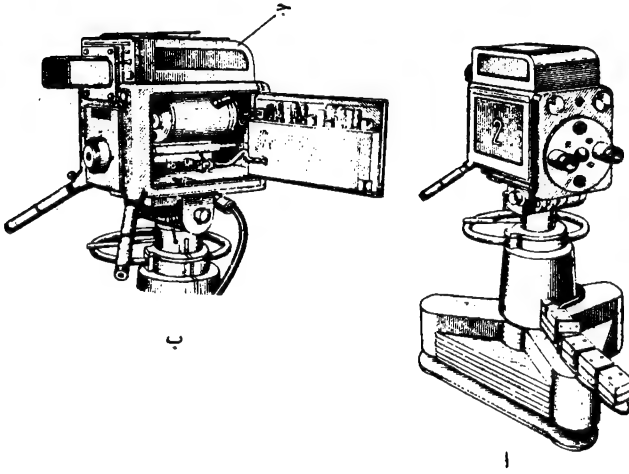
(١) الاستوديوهات التلفزيونية : ان الاستوديو التلفزيوني عبارة عن قاعة معزولة جيدا عن الضوضاء والاهتزازات الخارجية التي تحدثها السيارات المارة عن كثب .

ولكى يمكن ارسال البرامج واجراء البروفات ( التمارين ) فى نفس الوقت ينبغى ان تشمل محطة التلفزيون على عدة استوديوهات . وتبلغ مساحة الاستوديوهات الكبيرة مئات الامتار المربعة ومساحة الاستوديوهات الصغيرة عشرات الامتار المربعة .

وتركب فى الاستوديو اجهزة اضاءة عالية القدرة تتألف من مصادر الضوء « الغامر » او « القاعدى » ومصادر الضوء الكاشف الرئيسى او الموضعى (لأنارة الاشياء المراد ارسالها) .

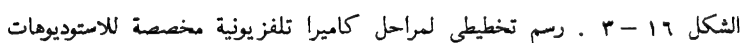
وطالما ان اجهزة الاضاءة تصدر كثيرا جدا من الحرارة ، ينبغي تجهيز الاستوديوهات بمعدات لتكييف الهواء كبيرة القدرة وتعمل بدون ضوضاء . وتوضع فى الاستوديوهات الاجهزة التالية الخاصة بها : كاميرات التصوير التلفزيونى ، والميكروفونات التى تتركب على مرفاعات ( حوامل ) خاصة ، واجهزة المشاهدة ( المونيتورات ) ، ومجموعات مجاهير المراقبة .

( ٢ ) كاميرات الاستوديوهات التلفزيونية : يبين الشكل ١٦ - ٢ كامير التصوير التلفزيونى KT-5 المخصصة للعمل فى الاستوديوهات .



الشكل ١٦ - ٢ . الكاميرا التلفزيونية KT-5 المخصصة للاستوديوهات : أ - المظهر الخارجى ؛ ب - التركيب الداخلى ؛ ج - وحدة معين المنظر

وتذكر هذه الكاميرا بمظهرها الخارجى آلة التصوير السينمائى ، ويركب على جدارها الامامى برج دوار ذو عدسات ضوئية ( لها ابعاد بؤرية مختلفة ) ، بينما تتركب على جدارها الخلفى شاشة معين ( محدد ) المنظر . ويركب داخل الكاميرا انبوب التصوير التلفزيونى مع منظومتى الانحراف والتركيز ، ووحدة مسح انبوب التصوير ، والمكبر المتقدم لاشارات الصورة ، ومكبر نبضات اطفاء انبوب التصوير ، وانبوب صورة معين المنظر الالكترونى مع منظومتى الانحراف والتركيز ، ووحدة مسح انبوب صورة معين المنظر ( الشكل ١٦ - ٣ ) .



ويكون مستوى إشارة الصورة على مقاومة حمل انبواب التصوير عدة ملي فولطات عادة . ويقوم المكبر المتقدم لاشارات الصورة برفع هذا المستوى حتى ٥٠ - ١٠٠ ملي فولط ، ويقوم ايضا بالتوفيق بين معاوقة خرج الكاميرا والمعاوقة المميزة المنخفضة للكابل ( ولهذا الغرض تصمم مرحلة خرج المكبر كتابع كاثودى ) . ومن اجل خفض مستوى الضوضاء تستخدم فى المرحلة الاولى للمكبر المتقدم دائرة الكاسكود ( صمام ذو كاثود مؤرض مع صمام ذى شبكة مؤرضة ) .

۳۹۵

الكهربائية فى الطرازات العصرية لحوامل الكاميرات بالية هيدروليكية تعمل بدون ضوضاء ولا تحدث مثل تلك التداخلات الكهربائية التى تحدثها ملامسات منظومة التحكم فى المحرك الكهربائى .

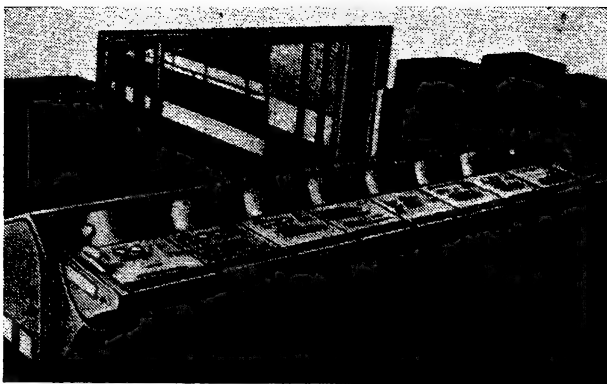
ويتم تركيز الصورة على لوح هدف انبوب التصوير فى الكاميرات المزودة بعدة عدسات بتحريك انبوب التصوير مع منظومتى الانحراف والتركيز او بتحريك البرج ذى العدسات . وتكون وسائل التحكم فى آلية ضبط حدة ( تركيز ) الصورة وتحريك الكاميرا رأسيا مربوطة بتصميميا بالمقابض ( الايادى ) الكبيرة التى تدار بها الكاميرا .

ويستخدم معين المنظر لمشاهدة الصورة التى ترسل من خرج المكبر المتقدم الى القناة . ويقوم المصور التلفزيونى ، مهتديا بصورة معين المنظر ، بضبط حدة الصورة ومراقبة جودتها .

ومن اجل تسهيل استبدال انبوب التصوير وانبوب الصورة والوصول اليهما تركيب بعض وحدات الكاميرا على شاسيهات رأسية مستوية تثبت بواسطة مفصلات . وتوضع حواكم الكاميرا على الجدار الخلفى والجدارين الجانبيين . وتوصل الكاميرا مع اجهزة التحكم ( المراقبة ) بواسطة كابل مرن كثير الموصلات يحتوى على عدة ازواج محورية لنقل الاشارات العريضة النطاق ؛ وتحجب الازواج الاخرى لتلافى التأثيرات المتبادلة بين الدوائر المختلفة . وعند استخدام عدة عدسات فى الكاميرا يمكن تغيير ابعاد الصورة ( الانتقال من اللقطة البعيدة الى اللقطة القريبة والعكس بالعكس ) بدون تحريك الكاميرا . ويكون ذلك ملائما على الاخص لدى الاذاعة الخارجية ، كما فى حالة تلفزة الالعب الرياضية . ولكن الكاميرا المتعددة العدسات تكون معقدة التصميم نوعا ما . ولذلك اخذ يشيع فى الآونة الاخيرة استخدام عدسات « الزوم » التى يمكن تغيير بعدها البؤري تغييرا متصلا .

٣ ) اجهزة مراقبة الاستوديو : توضع اجهزة مراقبة الاستوديو عادة

فى غرفة مجاورة للاستوديو ، على مستوى الطابق الثانى ، بحيث يمكن مشاهدة كل ما يحدث فى الاستوديو من خلال نافذة تطل عليه من غرفة المراقبة . وتكون النافذة كبيرة وكتومة ( عاولة ) للصوت . ويركب امام النافذة كونسول



الشكل ١٦ - ٤. صورة عامة لكونسول مراقبة الاستوديو

(خزانة) التحكم والمراقبة (الشكل ١٦ - ٤) من اجل التحكم الهندسى الفنى فى الارسال .

ويشتمل الكونسول على عدة وحدات للتحكم فى الكاميرات وجهاز لاختيار اشارة الخط (جهاز المزج والتبديل) وقطاع خاص بمهندس الصورة وقطاع خاص بمهندس الصوت .

وتحتوى كل وحدة من وحدات مراقبة الكاميرات على مكبر معامل وجهاز مشاهدة (مونيتور) ووسائل للتحكم فى حالة تشغيل انبوب التصوير عن بعد ومولد لاشارات التظليل وراسم ذبذبات (او سيلوسكوب) مزدوج لمراقبة الشكل الموجى للاشارة .

وتسلط على دخل المكبر المعامل اشارة خرج المكبر المتقدم لكاميرا الاستوديو . ويقوم المكبر المعامل برفع مستوى هذه الاشارة حتى ١ فولط ، كما يضيف اليها نبضات الاطفاء ونبضات التظليل .

وتوصل الاشارات الخارجة من المكبرات المعاملة لوحداث مراقبة الكاميرات الى جهاز اختيار اشارة الخط الذى يحتوى على مكبر مازج ذى دخول عديدة لكل منها مكبره الخاص ، كما يحتوى على جهاز مشاهدة يسلط عليه خرج « مكبر الخط » (او « مكبر الاقرار ») . ويسمح جهاز اختيار الاشارة بالانتقال من كاميرا الى اخرى (فورا او « بانحلال تراكبى » اى تدريجيا) .

وتسلط اشارة خرج المكبر المازج على دخل « مكبر الخط » ، حيث تضاف نبضات التزامن ، وبهذا يتم تكوين الاشارة الصورية المؤلفة . وتنقل الاشارة الصورية المؤلفة من خرج « مكبر الخط » باتساع قدره عدة فولطات الى معدل جهاز ارسال الصورة .

ويوضع امام المخرج الذى يشرف على الارسال جهاز مشاهدة مستقل وميكروفون يستخدمه لاعطاء التعليمات الى الاستوديو . ولا ينقل المخرج اوامره ، اثناء الارسال والبروفات ، الا للمصورين والكهربائى المختص بالاضاءة ومساعد المخرج ، الموجودين فى الاستوديو ، عن طريق الاتصال التلفونى . ويقوم بالتحويل من كاميرا الى اخرى مساعد المخرج الذى يكون موجودا اثناء الارسال امام جهاز اختيار الاشارة .

٤ ) اجهزة التلسينما : ثمة طرائق كثيرة لتلفزة الافلام السينمائية . ولكن كل هذه الطرائق يمكن ان تصنف الى مجموعتين اساسيتين :

١ - المنظومات التى تستخدم انايبب التصوير ذات التخزين ؛

٢ - المنظومات التى تستخدم مبدا النقطة الطائرة .

وتقسم المنظومات التى تستخدم انايبب التصوير ذات التخزين بدورها الى طائفتين . المنظومات التى تعمل بحركة متقطعة للفلم واطاءة نبضية للكاثود الضوئى لأنبوب التصوير والمنظومات التى تعمل بحركة متصلة للفلم .

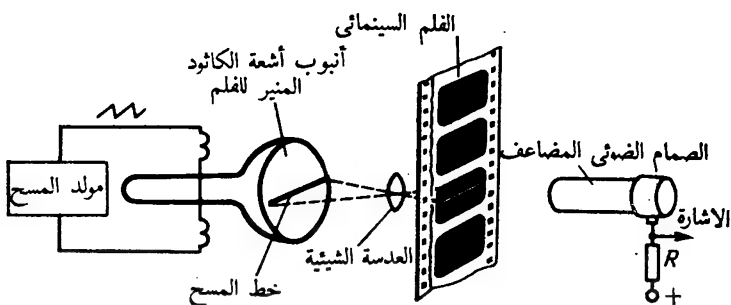
والاكثر شيوعا هى المنظومات التى تعمل بحركة متقطعة للفلم لأنها تسمح باستخدام اجهزة الاسقاط السينمائى العادية المستعملة فى دور السينما ويتميز جهاز الاسقاط السينمائى التلفزيونى عن الجهاز العادى بمعدل تكرار الاطار وتصميم القرص الغالق . ففي السينما يكون معدل تكرار الاطار عند تصوير واسقاط الصور ٢٤ اطار فى الثانية عادة ، بينما يشغل وقت ابدال الاطار فى جهاز الاسقاط السينمائى ذى « ضليب مالطا » حوالى ٢٥ ٪ . وفى التلفزيون يجرى ارسال الصور حسب النظام القياسى بمعدل ٢٥ اطار فى الثانية ، بينما يبلغ وقت الارتداد الرأسى حوالى ٨ ٪ فقط . ولرفع معدل تكرار الاطار الى ٢٥ اطار فى الثانية تستبدل المحركات اللاتزامنية ذات السرعة ١٤٤٠ دورة فى الدقيقة بالمحركات التزامنية ذات السرعة ١٥٠٠ دورة

في الدقيقة ، كما تعدل نسبة نقل الحركة في آلية سحب الفيلم . ولا يؤثر ذلك تقريبا على جودة الصورة والصوت .

وفي حالة اسقاط الصورة على لوح هدف انبوب التصوير خلال كل فترة وقوف الفيلم ، لن تنار المجالات الزوجية الاخلال نصف امدها ، لأن نهاية المجال الثاني تتطابق عندئذ مع تغطية بوابة الفيلم بالغالق وسحب الفيلم . وينجم عن ذلك ان يكون الجزء العلوى والجزء السفلى للاطار مختلفى النصوص . ولتفادى ذلك تتم تلفزة الافلام السينمائية باضاءة لوح هدف انبوب التصوير بنبضات ضوئية فى فترات الارتداد الرأسى فقط . ويستخدم من اجل ذلك غالق ذو فرجتين ضيقتين عرض كل منهما ٩° ( عند دوران الغالق بسرعة ١٥٠٠ دورة فى الدقيقة ) او غالق ذو فرجة واحدة عرضها ١٨° ( عند دوران الغالق بسرعة ٣٠٠٠ دورة فى الدقيقة ) .

وتستخدم فى قسم التلسينما عادة ثلاثة اجهزة اسقاط وكاميرتان تلفزيونيتان ومنظومة بيروسكوبية من عدة مرايا تعمل كمبدل بصرى «تقابلى متعدد» . وتم تلفزة الفيلم السينمائى بجهازى اسقاط وكاميرا واحدة . اما جهاز الاسقاط الثالث والكاميرا الثانية، فهما احتياطيان . وتسمح مرآة الامالة الموجودة فى المبدل «التقابلى المتعدد» باسقاط الصورة على الكاثود الضوئى لانبوب التصوير من كل من جهازى الاسقاط على التوالى . وتتيح هذه الطريقة امكانية استخدام شتى انواع الكاميرات ، ومن ضمنها كاميرات الفيديوكون التى صارت تستخدم فى محطات التلفزيون. وعيب طريقة الحركة المتقطعة للفيلم هو الاستهلاك السريع لثقوب الفيلم والاستخدام السيء للتدفق الضيائى . وثمة آفاق واسعة امام اجهزة التلسينما التى تعمل بطريقة النقطة الطائرة . وفى هذه الاجهزة لا تستخدم انابيب التصوير ذات التخزين الباهظة التكاليف ، وتستخدم بدلا منها انابيب اشعة الكاثود المنيرة والصمامات الضوئية المضاعفة .

ويتحرك الفيلم فى منظومة النقطة الطائرة حركة منتظمة فيما بين شاشة انبوب اشعة الكاثود والصمام الضوئى المضاعف ( الشكل ١٦ - ٥ ) . وينحرف الشعاع الالكترونى بالتردد الافقى فى اتجاه عمودى على اتجاه حركة الفيلم بحيث تمر النقطة الضوئية الطائرة على جميع عناصر الخط المناظر ، فيسرى



الشكل ١٦ - ٥. مبدأ تلفزة الفلم السينمائي بطريقة « النقطة الطائرة » (في حالة المسح التقدمي)

في حمل الصمام الضوئي المضاعف تيار متناسب مع شفافية اجزاء الاطار الجارى ارساله . وهذا التيار هو الذى يحدث على الحمل فلتية الإشارة الصورية . ويمكن اجراء المسح الرأسى بتحريك الفلم نفسه . وفي حالة المسح المتشابك ينبغي مسح الخطوط الفردية والزوجية لكل اطار على دفعتين . ويتم ذلك بالشرط البصرى للاطار او بمعادلة حركة الفلم (بصريا او الكترونيا) .

### البند ١٦-٣ التأثيرات الخاصة فى الاذاعة التلفزيونية

من اجل توسيع الامكانيات الابداعية فى الاذاعة التلفزيونية تستخدم فيها ، كما فى السينما ، شتى الطرائق التكنولوجية لتكوين الصور المترتبة (المؤتلفة) .

وقد تبين ان الطرائق التلفزيونية لتكوين الصور المترتبة ، المعتمدة على استخدام دوائر الكترونية خاصة ، اكثر اقتصادية بكثير من الطرائق البصرية المستخدمة فى السينما . ويمكن توليد اشارات ابسط الصور ، كإشارة (ستارة المسرح « وإشارة » المؤشر ) بدوائر الكترونية غير معقدة نسبيا .

(١) مولد إشارة « ستارة المسرح » : ان ارسال الاشارات التلفزيونية للستارة الحقيقية فى الفترات الفاصلة بين المشاهد غير اقتصادى جدا لأنه يستلزم استهلاك انبوب تصوير تلفزيونى كثير التكاليف .

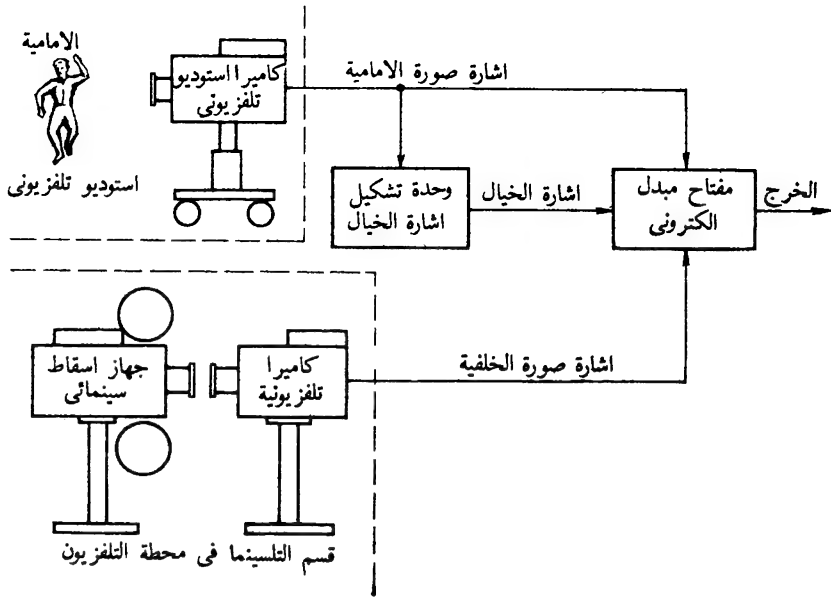


واساس دائرة مولد « الستارة » هو مذبذب جيبي يزيد تردده ١٠ - ١٥ مرة عن تردد المسح الافقى . وكما نعلم من الفصل السابع ، ان الاشارة التى ترددها من اضعاف تردد المسح الافقى تحدث على الشاشة صورة اشربة متعاقبة سوداء وبيضاء تشبه الثنايا الرأسية لستارة المسرح . واذا كان تردد الاشارة غير مساو بدقة لاحد اضعاف تردد المسح الافقى ، فان صورة الاشربة الرأسية سوف تتحرك افقيا حركة مشابهة لأموجات الستارة بتأثير الهواء . ولاحداث تأثير مشابه لاضاءة الستارة اضاءة غير منتظمة تضاف الى الاشارة الاساسية فلطية سن منشار ذات تردد مساو لتردد المسح الافقى .

( ٢ ) اسقاط الخلفية الكترونية : ان طريقة اسقاط الخلفية المأخوذة من فن السينما تتلخص فى ان الممثلين يؤدون المشهد المرغوب فى تصويره امام شاشة شبه شفافة تسقط عليها صورة ضوئية تبدو كخلفية للمشهد .

ولا يمكن تحقيق اسقاط الخلفية الكترونية بمجرد التراكب البسيط لصورة على اخرى . فمن الضرورى ان تحل الامامية ( صورة الممثل ) محل الجزء المناظر من الخلفية ( صورة الشاشة شبه الشفافة ) . ولاجراء عملية الاحلال ينبغي الحصول على ما تسمى اشارة خيال الامامية المناظرة لمحيط ظل الشئ الموجود فى الامامية على الخلفية . ويتم ذلك بالاقتراب المزدوج ( من الاعلى والاسفل ) للاشارة الصورية التى تنتج عند وضع الامامية على خلفية بيضاء او سوداء .

وتستخدم اشارة الخيال للتحكم فى عمل مفتاح مبدل الكترونى يقوم بتبديل خرجى مصدرى الاشارتين المناظرتين للامامية والخلفية ( الشكل ١٦ - ٦ ) . لفترض انه يجرى ارسال صورة ممثل يلقى شعرا على شاطئ بحر هائج . فعند ارسال اجزاء الصورة التى تغيب عندها اشارة الخيال تخرج من وحدة الاسقاط الالكترونى للخلفية الاشارة الصورية الواردة من قسم التلسنما ( البحر الهائج ) . وعند ظهور اشارة الخيال ، فى وسط الصورة ، تخرج من وحدة الاسقاط الالكترونى للخلفية الاشارة الواردة من الكاميرا المرسله للامامية ( صورة الممثل ) .



الشكل ١٦ - ٦ . رسم تخطيطي لمراحل اسقاط الخلفية الكترونيا

وتستخدم طريقة الاحلال لاحداث الصور المتركة في الاذاعة التلفزيونية على نطاق واسع : لارسال صورة معلق رياضي داخل صورة ملعب ، وعرض صورتين في آن واحد على شاشة جهاز التلفزيون مثل لقطة بعيدة لعملية جراحية ولقطة عن كذب لمجال العملية ، وتلفزة اشكال مختلفة من « الحجب » عند ظهور المذيع امام ستارة تفتح ، وما الى ذلك . ويتم اجراء التأثيرات المذكورة بوحداث خاصة تسمح باحلال صورة مجل اخرى باستخدام اشارات خيال تناظر اشكال هندسية منتظمة ( كالمستطيل والمعين والمثلث والدائرة وما الى ذلك ) .

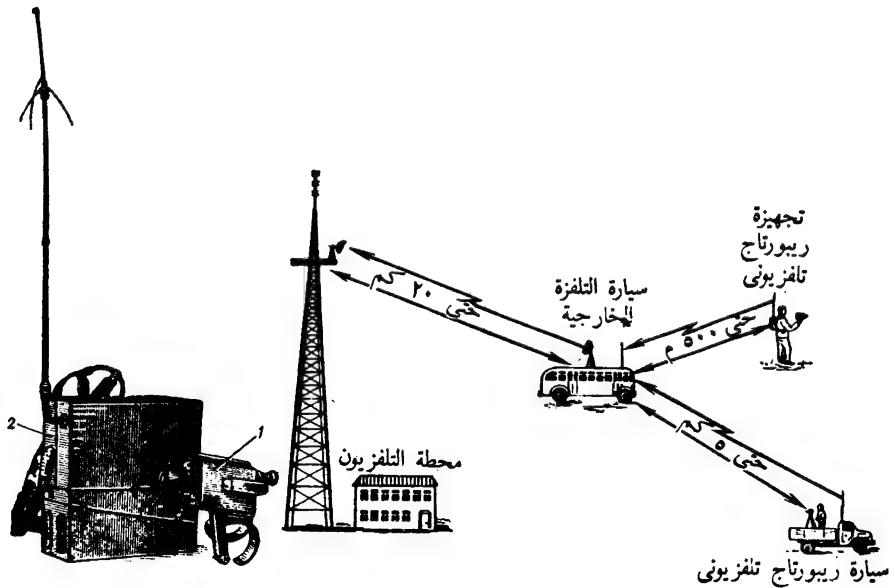
#### البند ١٦ - ٤ سيارة التلفزة الخارجية

تم الاذاعة التلفزيونية من خارج الاستوديوهات بواسطة محطة تلفزيونية متنقلة تركب داخل سيارة خاصة ( سيارة التلفزة الخارجية او النقل الخارجي ) . وتشتمل هذه المحطة على كاميرات تلفزيونية واجهزة تحكم ومراقبة صغيرة الابعاد ( كونسول المخرج مع اجهزة المشاهدة ومولد التزامن ومكبر

(الاقرار) وجهاز ارسال يعمل لدى الموجات الدقيقة (الستيمترية) لنقل اشارتى الصورة والصوت الى محطة التلفزيون .

وتخرج الكاميرات من السيارة عند الارسال وتركب على حوامل خفيفة . ويعمل جهاز الارسال على هوائى « الطبق » (القطعى المكافىء) الذى يوضع على سقف السيارة ويوجه نحو صارى محطة التلفزيون . وتركب على الصارى عدة هوائيات استقبال (اثنان او ثلاثة) من هوائيات « الطبق » توجه نحو المراكز الاساسية للنقل الخارجى . والملاعب الرياضية والمسارح وما الى ذلك) . وتوصل الاشارة التى يستقبلها الهوائى الى غرفة استقبال التلفزة الخارجية ومنها الى غرفة المراقبة التلفزيونية (الى جهاز اختيار الاشارة) .

وقد تم فى الاتحاد السوفيتى حاليا تصميم اجهزة للريپورتاج التلفزيونى تركيب على سيارة وتسمح باجراء الريپورتاج اثناء الحركة بسرعة تبلغ ٥ كم/ساعة . ويجرى ارسال اشارة الصورة من سيارة الريپورتاج الى سيارة التلفزة



الشكل ١٦ - ٧. تجهيزات الريپورتاج التلفزيونى : أ - تجهيزه ريپورتاج تلفزيونى يمكن حملها (١ - كاميرا تلفزيونية ، ٢ - حقبة ظهر) ؛ ب - طريقة استخدام تجهيزات الريپورتاج التلفزيونى

الخارجية ومنها الى محطة التلفزيون لاسلكيا . ويبلغ البعد الاقصى لسيارة  
الريپورتاج عن سيارة التلفزة الخارجية حوالى ٥ كم .

وقد تم ايضا تصميم تجهيزة ريپورتاج تلفزيونى نقالة ( الشكل ١٦ - ٧ -  
- أ ) تعمل مع سيارة التلفزة الخارجية .

وتتألف تجهيزة الريپورتاج النقالة من كاميرا صغيرة ( وزنها حوالى  
٢ كج ) تعمل بأنبوب تصوير من نوع الفيديكون وحقبة ظهر يوضع فيها مولد  
تزامن وجهاز ارسال لاسلكى وبطارية مركبات من الفضة الزنك . ويبلغ وزن  
حقبة الظهر ١٤ كج تقريبا . وتسمح هذه التجهيزة باجراء الريپورتاج من مسافة  
تصل الى ٥٠٠ م من سيارة التلفزة الخارجية . ويبين الشكل ١٦ - ٧ - ب رسما  
تخطيطيا لاستخدام تجهيزات الريپورتاج .

#### البند ١٦ - ٥ محطة الارسال اللاسلكى التلفزيونية

تتألف محطة الارسال التلفزيونى من جهازى ارسال الصورة والصوت .  
وتشتمل محطة الارسال التلفزيونى عادة على عدة اجهزة ارسال اذاعى ذات  
تعديل تردد تعمل على الموجات المترية ( VHF ) . وكثيرا ما توضع جميع  
اجهزة الارسال فى غرفة واحد . ويعمل جهاز الارسال التلفزيونى ( جهازا  
ارسال الصورة والصوت ) على هوائى مشترك يركب على حامل يبلغ ارتفاعه  
عادة حوالى ٢٠٠ م ويكون على شكل برج اوصارى ذى حبال تثبيت . وتركب  
على هذا الحامل ايضا هوائيات اجهزة الارسال الاذاعى التى تعمل بتعديل  
التردد وهوائيات « الطبق » المستخدمة لاستقبال اشارات سيارة التلفزة الخارجية .  
وتركب « الاطباق » على شرفة خاصة وتكون عادة ذات آليات تسمح بادارتها  
عن بعد من غرفة اجهزة التلفزة الخارجية . وتجهز محطات التلفزيون السوفيتية  
عادة بأجهزة ارسال نموذجية قدراتها  $\frac{5}{16}$  ،  $\frac{10}{7}$  ،  $\frac{5}{4}$  ،  $\frac{2}{1}$  .  $\frac{5}{1,6}$  كيلوواط  
( وتذكر فى البسط قدرة جهاز ارسال الصورة ، بينما تذكر فى المقام قدرة  
جهاز ارسال الصوت ) .

## البند ١٦ - ٦ محطات الازحاح التلفزيونية منخفضة القدرة

ان مدى الاستقبال المضمون للبرامج التلفزيونية محصور فى حدود خط النظر ( الهندسى ) ويبلغ وسطيا ٦٠ - ٧٠ كم .  
ويتم توسيع المنطقة المغطاة بالاذاعة التلفزيونية بانشاء محطات ارحال ( تقوية ) فى مراكز المناطق الكبرى التى تبعد عن محطة التلفزيون المركزية للمقاطعة ( الجمهورية ) بحوالى ١٠٠ - ٢٠٠ كم . وتكون محطة الازحاح من جهاز استقبال خاص على الحساسية ذى هوائى على الكسب وجهازى ارسال ( صورة وصوت ) منخفضى القدرة يعملان على هوائى بشكل « الحاجز الدوار » .  
وتغطى محطة الازحاح التى تبلغ قدرتها ٥٠ - ١٠٠ واط منطقة نصف قطرها ٥ - ١٠ كم . ويتم الازحاح على قناة تلفزيونية مختلفة حتى لا يؤدى الى تداخلات .

## البند ١٦ - ٧ تحويل القياسات التلفزيونية

تثار مسألة تحويل القياسات التلفزيونية لدى تبادل البرامج التلفزيونية مع البلدان ذات النظام القياسى المختلف . ويمكن حل هذه المسألة مبدئيا بطريقتين : اما بطريقة الكترونية بصرية او بطريقة الكترونية بحتة .  
وبموجب الطريقة الاولى يعاد انتاج الاشارة التلفزيونية المستقبلية غير القياسية على شاشة جهاز مساهدة ( جهاز تلفزيون ) خاص ثم يجرى اسقاط الصورة الناتجة على الكاثود الضوئى لانبوب تصوير ذى مسح قياسى .  
وبموجب الطريقة الثانية يتم تسجيل الاشارة المستقبلية على لوح هدف انبوب تصوير خاص ( جرافيكون ) ثم تجرى « قراءتها » بواسطة شعاع الكترونى ينحرف حسب قانون المسح القياسى .

## البند ١٦ - ٨ المنظومات المقفلة للاذاعة التلفزيونية

ندعى منظومة الاذاعة التلفزيونية بالمقفلة اذا كانت تعمل بدون اشعاع الى الفضاء . وقد يوشر باستخدام التجهيزات التلفزيونية المقفلة كوسائل للاعلام

من أجل نقل البرامج الفنية والتعليمية فى المحطات الكبرى للسكك الحديدية  
والمؤسسات التعليمية والمستشفيات وما الى ذلك . ومن البديهي ان يشيع استخدام  
المنظومات المقفلة فى سفن الركاب والطائرات والقطارات .  
ويمكن ان تكون المنظومة التلفزيونية المقفلة مثالا عبارة عن مجموعة  
مؤلفة من جهاز تلفزيون وكاميرا تلفزيونية صغيرة الابعاد وجهاز تسجيل صوري  
مبسط . ومن المزمع انتاج مثل هذه المجموعة فى الاتحاد السوفيتى للسكان .  
ولا يستطيع صاحب التجهيزة المذكورة تسجيل البرامج التى يرغب فيها  
فحسب ، بل يستطيع ايضا ان يقوم بتصوير افلام تلفزيونية بنفسه .

## الفصل السابع عشر

# توليف وضبط الاجهزة التلفزيونية

### البند ١٧ - ١ فكرة عامة

ان ضبط الاجهزة التلفزيونية يتطلب استخدام مختلف اجهزة القياس اللاسلكية العامة (راسمات الذبذبات والمولدات المخبرية والفولطمترات الصمامية وما الى ذلك) واجهزة القياس التلفزيونية الخاصة : اجهزة قياس الاستجابة الترددية (مولدات اكتساح التردد) واجهزة قياس الاستجابة العابرة والمولدات الكهربائية لاشارات الاختبار وانابيب اشعة الكاثود الخاصة (كالمونوسكوب) وغيرها .

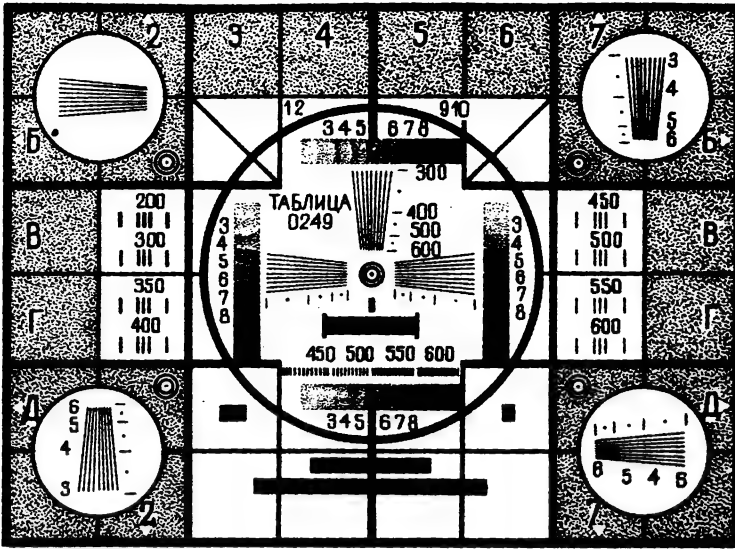
ويتم اختبار الاجهزة التلفزيونية والضبط النهائي لها « من الضوء الى الضوء » بارسال صورة بصرية حقيقية (نمط او خريطة الاختبار عادة) تسقط على الكاثود الضوئي لأنبوب التصوير التلفزيوني .

ولاختبار وضبط العناصر المنفصلة للمنظومة التلفزيونية ، ولضبط وتوليف أجهزة التلفزيون تستخدم الاشارة الكهربائية التي تولدها كاميرا المونوسكوب (راجع الفصل السادس) ، كما تستخدم المولدات الكهربائية لاشارات الاختبار .

### البند ١٧ - ٢ نمط الاختبار التلفزيوني

(١) الغرض من نمط الاختبار : ان نمط (خريطة) الاختبار التلفزيوني المتخذ كقياسي في الاتحاد السوفيتي في الوقت الحاضر هو النمط ТИТ-0249 (الشكل ١٧ - ١) المخصص لنظام ٦٢٥ خط .

ويستعان بنمط الاختبار من أجل تحديد البارامترات الاساسية للصورة التلفزيونية : البيان (الاستبانة) ، والخطية (استقامة المسح) ، والتباين ،



الشكل ١٧ - ١ - نمط الاختبار التلفزيوني

وكذلك دقة تزامن المسح . ويسمح نمط الاختبار ايضا بتحليل اسباب تشوهات الاشارة وتوليف الاجهزة بحيث يتم الحصول على البارامترات المثلى للصورة . يستخدم النمط من أجل اختبار كل المنظومة التلفزيونية ابتداء من انبوب التصوير وانتهاء بأنبوب صورة جهاز الاستقبال .

ويمكن الحصول على الاشارة التلفزيونية لنمط الاختبار باسقاط صورة بصرية للنمط على الكاثود الضوئي لأنبوب التصوير ، او باستخدام انايبب خاصة من طراز المونوسكوب يطبع فيها نمط الاختبار على لوح الهدف مباشرة .  
(٢) تكوين نمط الاختبار : ان نمط الاختبار ТИТ-0249 عبارة

عن ائتلاف لأشكال هندسية شتى . وهو مقسم الى مربعات يرمز لها بالارقام والحروف . وتستخدم الدائرتان الكبرى والصغرى من اجل تحديد خطية المسح . وتسمى الخطوط المتباعدة على شكل مروحة بالاسافين وتستخدم لتحديد البيان . وتستخدم لتحديد البيان ايضا مجموعات من شرط رأسية ذات ارقام وشرط منفصلة ذات ارقام .



وتستخدم الدوائر المتمركزة ( المتحدة المركز ) الموجودة في وسط نمط الاختبار وفي المربعات B2 ، B7 ، D2 ، D7 من اجل اختبار جودة تركيز الشعاع .

ويوجد داخل الدائرة الكبرى شريطان رأسيان وشريطان افقيان قسم كل منها الى عشرة اجزاء متساوية ذات ظلال مختلفة للون الرمادى . وتستخدم هذه الاشرطة ( المسماة بسلام الرماديات ) من اجل تحديد عدد تدرجات الرمادى التى يمكن تمييزها .

ويسمح الشريطان الافقيان الاسودان الموجودان فى اسفل نمط الاختبار والمستطيلان الموجودان فى المربعين D3 و D6 بتحديد وجود التشوهات لترددية والطورية لدى الترددات المنخفضة والمتوسطة . والغرض من قطرى لمربعين B3 و B6 هو تحديد دقة تشابك الخطوط الفردية والزوجية للهيكل الخطى فى حالة المسح المتشابك .

( ١ ) استخدام نمط الاختبار لتوليف الاجهزة : قبل تحديد بارامترات الصورة التلفزيونية ينبغى توليف جهاز الاستقبال التلفزيونى بدقة . ومن الضرورى قبل كل شىء ضبط النصوص العادى والحصول على تركيز جيد للصورة ، بحيث تكون الدوائر المتمركزة الموجودة فى المربعات B2 ، B7 ، D2 ، D7 بينه جيدا . وفيما اذا كانت الصورة غير مستقرة ، ينبغى ضبط ترددى مولدى المسح الرأسى والافقى فى جهاز التلفزيون بواسطة حاكى « الثبات الرأسى » و « الثبات الافقى » .

وبعدئذ يضبط المقاس اللازم للصورة بواسطة حاكى « العرض » و « الارتفاع » ، ثم يتم ضبط « الخطية الرأسية » للحصول على أحسن خطية ( استقامة ) للمسح الرأسى للصورة .

وبعد اجراء كل العمليات المذكورة يمكن الاقدام على تحديد بارامترات الصورة التلفزيونية .

( ٤ ) تحديد البيان : يتحدد بيان الصورة فى كل من الاتجاهين الافقى والرأسى بالعدد الاقصى للخطوط التى يمكن تمييزها .

ويتحدد البيان الافقى بواسطة الاسافين الرأسية الموجودة فى وسط نمط الاختبار وزاويتيهِ اليسرى السفلية واليمنى العلوية وكذلك مجموعات الشرط الرأسية الموجودة فى اسفل الدائرة الكبرى وفى المربعات B2 ، Γ2 ، B7 ، Γ7 ايضا . وبالنظر الى الاسافين والشرط بامعان يمكن تحديد البيان الافقى بقراءة العدد المقابل للخطوط التى يرى كل منها على حدة . ويتوقف البيان الافقى على عرض نطاق المنظومة التلفزيونية كلها . ويمكن حساب اعلى تردد لاشارة الصورة تمرره القناة بالعلاقة التقريبية :

$$f_{\max} \approx \frac{4}{3} \frac{N_{\max}}{2} Zn \quad (17.1)$$

حيث  $N_{\max}$  العدد لاقصى للخطوط الرأسية التى يمكن ان نميزها ؛  
بينما  $Z$  عدد خطوط المسح ،  
 $n$  —تردد الاطار .

واذا ظهر على الاسفين الرأسى شريط قاتم افقى يتقاطع معه ، فان ذلك يدل على وجود « دق » فى الاستجابة الترددية لمكبر ترددات اللاسلكى او مكبر التردد الاوسط او مكبر الاشارة الصورية . ويمكن تحديد تردد « الدق » من العلاقة 17.1 باستبدال  $N_{\max}$  بعدد الخطوط المناظرة للدق ، اى المناظرة للشريط الافقى القاتم .

ويتحدد انبيان الرأسى بواسطة الاسافين الافقية الموجودة فى وسط نمط الاختبار وزاويتيهِ اليسرى العلوية واليمنى السفلية . ويتوقف البيان الرأسى على عدد خطوط المسح  $Z$  ، كما يتوقف على جودة تركيز الشعاع وجودة المزامنة ( اى يتوقف فى حالة المسح المشابك على دقة تشابك او تتابع الخطوط الفردية والزوجية ) ولا يتوقف على نطاق التمرير ؛

٥) تحديد الخطية ( الاستقامة ) : عندما تختل خطية ( استقامة ) المسح ، تشوه هندسيا شتى عناصر الصورة ( تتمطط او تنكمش ) .

ويتم اختبار الخطية فى كل من الاتجاهين الافقى والرأسى على حدة . ويجرى ذلك بقياس عرض اعرض واضيق مربع من مربعات نمط الاطار .

ويتحدد معامل اللاحظية بالعلاقة :

$$K = \frac{a-b}{\frac{a+b}{2}} \cdot 100\% \quad (17.2)$$

حيث  $a$  عرض اعرض مربع ،  
بينما  $b$  عرض اضيق مربع .

ويعتبر عادة ان معامل اللاحظية على شاشة جهاز التلفزيون الشعبى  
يجب الا يتعدى ١٢ - ١٥٪ .

٦ اختبار جودة المسح المتشابك : فى حالة التزامن المستقر والتشابك  
الدقيق للخطوط الفردية والزوجية يكون قطرا المربعين B3 و B6 رفيعين  
ومستقيمين . وعند ازدواج الخطوط تظهر على القطرين درجات كدرجات  
السلم . وعند انطباق الخطوط الزوجية على الفردية تختفى الدرجات ، ولكن  
القطرين يصبحان اعرض . وفى نفس الوقت يقل عدد خطوط الاسافين الافقية  
التي يمكن تمييزها .

٧ التشوهات الترددية والطورية : تستخدم المستطيلات السوداء الموجودة  
فى وسط الدائرة الكبرى وفى المربعات D3 ، D6 ، E3 ، E4 ، E5 ، E6 من  
اجل تحديد وجود التشوهات الترددية والطورية فى المنظومة التلفزيونية .  
واذا ظهرت على يمين المستطيلات « اذبال » او « لطخات » رمادية او  
فاتحة ، فمعنى ذلك انه توجد تشوهات . وتدل « اللطخات » الرمادية على سؤ  
تميز الترددات المنخفضة والمتوسطة ، بينما تعنى « التخطيطات » البيضاء  
على الخطوط السوداء ان مستوى الترددات العليا مرفوع اكثر من اللازم ( ظاهرة  
« الدق » ) .

### البند ١٧ - ٣ اجهزة المونوسكوب

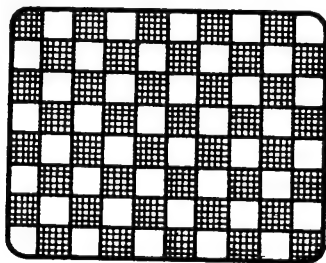
ان جهاز المونوسكوب ذو دائرة مشابهة لدائرة كاميرا التصوير التلفزيونى ،  
ولكنه يستخدم المونوسكوب بدلا من انبوب التصوير التلفزيونى . وقد يزود  
جهاز المونوسكوب بجهاز مشاهدة من اجل مراقبة جودة الاشارة التلفزيونية التى  
يولدها .

ويسمح استخدام اجهزة المونوسكوب بتوفير انايبب التصوير التلفزيونى ،  
اذ ان ارسال نمط الاختبار التلفزيونى الى محلات تصليح وبيع اجهزة التلفزيون  
يشغل يوميا عدة ساعات .

## البند ١٧ - ٤ المولدات الكهربائية لاشارات الاختبار

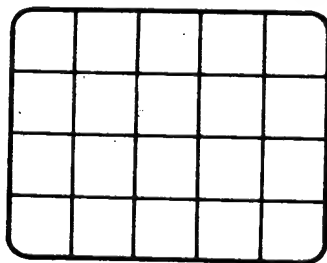
مع ان المونوسكوب يعطى اشارة اختبار اعلى جودة من الاشارة التى  
تعطيها كاميرا التصوير التلفزيونى العادية ، نجد انه يسبب تشويهاً مثل  
الاخلال بخطية المسح والاخلال بارسال تدرجات النصوع وما الى ذلك .  
ولذلك أخذت تشيع فى الوقت الحاضر مولدات كهربائية لاشارات الاختبار

يتم فيها تكوين الاشارة بدائرة كهربائية  
بحتة بدون استخدام أنابيب اشعة كاثود  
او أجهزة بصريات الكترونية ( الشكل  
١٧ - ٢ - أ ) .



١

واكثر المسائل تعقيدا هى مسألة  
تكوين الاشارة الكهربائية التى تعطى  
على شاشة انبوب الصورة صورة دائرة .  
ويعتبر وجود اشارة الدائرة من المرغوب  
فيه كثيرا ، اذ ان من السهل جدا تبين  
وجود التشوهات الهندسية على صورة  
الدائرة .



ب

وقد شاعت المولدات المبسطة  
لاشارات الاختبار على نطاق واسع  
فى الاجهزة النقالة المخصصة لفحص  
اجهزة التلفزيون . وستعرض على سبيل  
المثال المبدأ تصميم مولدت اشارات  
« لوحة الشطرنج » و « الشبكة »

الشكل ١٧ - ٢ - الصور التى تعطيها  
المولدات الكهربائية لاشارات الاختبار :  
أ - نمط يستخدم الاختبار الخطية وقدرة  
التبين وفقل تدرجات النصوع ؛ ب -  
نمطا اختبار مبسطان : « لوحة الشطرنج »  
و « الشبكة » ؛ يسمحان بتحديد خطية  
المسح

(الخطوط المتقاطعة) المستخدمة لتحديد خطية مسح الصورة على شاشات اجهزة التلفزيون .

ويتم الحصول على اشارة « لوحة الشطرنج » (الشكل ١٧ - ٢ - ب) باستخدام مولد اختبار يولد موجة مستطيلة ترددها اكبر  $n$  مرة من تردد المسح الافقى فى جهاز التلفزيون (حيث  $n$  عدد المربعات البيضاء والسوداء فى الاتجاه الافقى) . وينبغى ان يتغير طور هذه الموجة المستطيلة تغيرا فجائيا بمقدار  $١٨٠^\circ$  (حيث  $m$  عدد المربعات البيضاء والسوداء فى الاتجاه الرأسى) . وينجم عن تبدل الطور ان تتزاح المربعات بحيث تكون البيضاء تحت السوداء والسوداء تحت البيضاء .

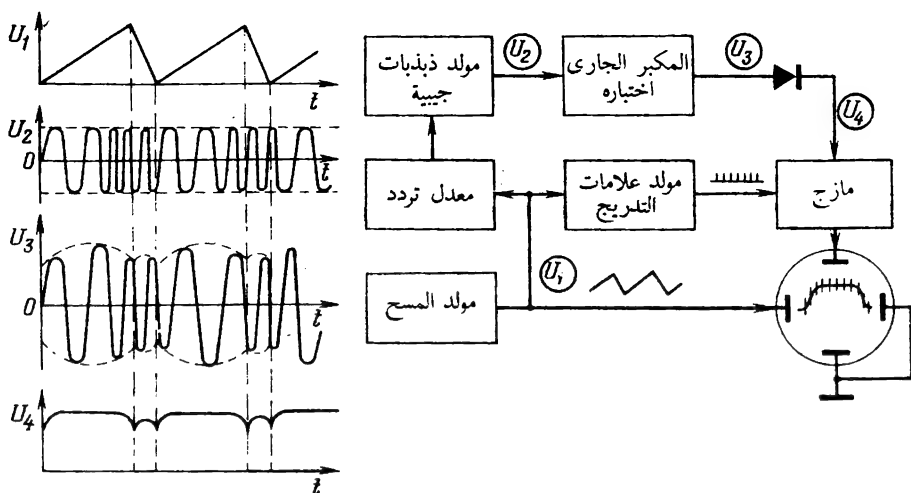
وفى مولدات اشارة « الشبكة » (الشكل ١٧ - ٢ - ب) يتم الحصول على الخطوط الافقية بتكوين نبضات أمدها مساو لفترة مسح الخط وتردد اعلى  $m$  مرة من تردد مسح الاطار (حيث  $m$  عدد الاشرطة الافقية) . ويتم الحصول على الخطوط الرأسية بتكوين نبضات أمدها مساو لأمد عنصر واحد من عناصر المسح وتردد تكرارها اعلى  $n$  مرة من تردد مسح الخط (حيث  $n$  عدد الخطوط الرأسية) .

ويمكن اختبار خطية المسح ومدى ترددات مذبذبات اجهزة التلفزيون بواسطة مولدات الذبذبات الجيبية ايضا . وتستخدم لاختبار الخطية الرأسية مولدات الترددات السمعية . وتسלט اشارة المولد على المكبر الصورى باتساع كبير للدرجة كافية ، بحيث يؤدي الحد من اتساعها الى ان يصبح شكلها الموجى مستطيلا (مربعا) تقريبا . ويمكن تحديد معامل اللاخطية بقياس عرض الاشرطة الافقية السوداء والبيضاء (العلاقة ١٧ - ٢) . ويتم تحديد مدى ترددات مذبذب المسح بادارة ضابط « الثبات الرأسى » الى اقصى اليمين ثم الى اقصى اليسار وتعيين اكبر واقل عدد للاشرطة الافقية السوداء والبيضاء الناتجة على شاشة انبوب الصورة :

$$f_{V_{\max}} = \frac{2f}{m_{\min}} , \quad f_{V_{\min}} = \frac{2f}{m_{\max}}$$

حيث  $f$  تردد الاشارة المأخوذة من المولد .

اما اختبار الخطية الافقية ومدى ترددات المذبذب الافقى ، فهو يستلزم استخدام مولد على التردد .



الشكل ١٧ - ٣ . رسم تخطيطى مبسط لمراحل جهاز قياس الاستجابة الترددية والاشكال الموجية لفلطيات مختلف نقاط دائرة الجهاز

### البند ١٧ - ٥ اجهزة قياس الاستجابة الترددية (مولدات الاكتساح)

تسمح اجهزة قياس الاستجابة الترددية بمشاهدة شكل الاستجابة الترددية (على شاشة راسم الذبذبات) . كما تسمح فى حالة وجود علامات التدرج بالتقدير الكمي للتشوهات الترددية لدى اى جزء من مدى الترددات .

وبيين الشكل ١٧ - ٣ رسما تخطيطيا مبسطا لجهاز قياس الاستجابة الترددية . ويتألف هذا الجهاز من وحدتين اساسيتين هما : مولد اكتساح التردد وراسم الذبذبات الالكترونى . ويجرى التحكم فى مولد اكتساح التردد بفلطية سن المنشار المستخدمة للمسح (الاكتساح) فى راسم الذبذبات ، ولذا يكون تغير (تأرجح) التردد متزامنا مع وضع النقطة المضئية على خط المسح (القاعدة الزمنية) على شاشة راسم الذبذبات : فعند تزايد فلطية سن المنشار يتزايد تردد المولد ، وفى نفس الوقت تتحرك النقطة المضئية على خط المسح من اليسار الى اليمين .

ويعتمد الوضع الرأسى للنقطة المضئية على فلطية خرج المكبر الجارى اختباره ، اى يعتمد على كسب المكبر عند التردد المعطى . ويمثل غلاف الموجة المعدلة التردد الخارجة من المكبر تابعة الكسب للتردد ، اى يمثل الاستجابة الترددية . ويتم استخلاص الغلاف (الاستجابة الترددية) بواسطة كاشف اتساع .

## قائمة المصطلحات الفنية

— أ —

combination . . . . .	اتلاف
primary, initial . . . . .	ابتدائي
stub . . . . .	ابتر (قطاع خط نقل)
switching, change . . . . .	إبدال
vision . . . . .	أبصار
visual . . . . .	إبصارى
emission . . . . .	إبعاث
secondary emission . . . . .	الإبعاث الثانوى *
thermionic emission . . . . .	الإبعاث الترميوني
photoelectric emission . . . . .	الإبعاث الكهروضوئى *
dimensions . . . . .	أبعاد
directivity . . . . .	الاتجاهية *
communication . . . . .	اتصال
amplitude . . . . .	الاتساع (قيمة ذروة الموجة)
broadcasting . . . . .	إذاعة
playback . . . . .	إذاعة التسجيل
telecasting TV broadcasting . . . . .	إذاعة تلفزيونية
overall, total . . . . .	أجمالى
locking . . . . .	إحكام
red (R) . . . . .	أحمر
wipe . . . . .	إحلال (صورة محل أخرى)
test . . . . .	اختبار
defocusing . . . . .	إختلال التركيز

\* هذه المصطلحات هي المصطلحات الأكثر انتشارا في هذا الكتاب

mistuning	اختلال التوليف
green(G)	أخضر
damping	اخماد
flyback	ارتداد
flicker	ارتعاش
height, rise	ارتفاع
radio relaying	الارحال اللاسلكي *
transmission	ارسال
TV transmission	ارسال تلفزيوني
vestigial sideband transmission	ارسال جزئي للنطاق الجانبي *
earth, ground	أرض
demagnetization	ازالة الت المغنط
pairing	ازدواج أ. (الخطوط) *
blue(B)	ازرق
buzz	ازير
static	استاتي (ساكن)
definition, resolution	الاستبانة *
excitation	استشارة
response	استجابة
frequency response	الاستجابة الترددية *
amplitude (versus-frequency) response	استجابة الاتساع (للتردد) *
phase (versus-frequency) response	استجابة الطور (للتردد) *
transient response	الاستجابة العابرة *
relaxation	استرخاء
illuminance (E)	الاستضاءة (شدة الانضاءة)
alignment	استبدال (معاذاة)
reception	استقبال
intercarrier sound reception	استقبال الصوت (بقناة مشتركة) بطريقة التضارب بين الحاملتين
split sound reception	استقبال الصوت بقناة منفصلة *
stability, stabilization	استقرار
polarization	استقطاب

<sup>١</sup> الرمز E هو الحرف الاول من الكلمة الفرنسية المرادفة Eclairiment



studio . . . . .	استوديو
playback, reproduction . . . . .	استعادة ( التسجيل )
DC restoration . . . . .	استعادة المركبة المستمرة ( التيار المستمر ) *
exponent . . . . .	أس
cylinder, drum . . . . .	اسطوانة
wedge . . . . .	اسفين
projection . . . . .	اسقاط
rear (-screen) projection, background projection . . . . .	اسقاط الخلفية *
black-and-white, monochrome . . . . .	أسود وأبيض
blacker-than-black . . . . .	أسود من الاسود
signal . . . . .	اشارة
blanking signal . . . . .	اشارة الاطفاء *
color-difference signal . . . . .	اشارة الاختلاف اللوني *
sync signal . . . . .	اشارة التزامن *
quadrature signal (Q) . . . . .	الاشارة التعامدية
chrominance signal . . . . .	اشارة اللون *
error signal . . . . .	اشارة الخطأ
silhouette signal . . . . .	اشارة الخيال ( الظل ) *
audio signal . . . . .	الاشارة السمعية
sound signal . . . . .	اشارة الصوت
picture signal . . . . .	اشارة الصورة
color picture signal . . . . .	اشارة الصورة الملونة
video signal . . . . .	الاشارة الصورية *
composite video signal . . . . .	الاشارة الصورية المؤلفة *
spurious signal . . . . .	اشارة طفيلية
color signal . . . . .	اشارة لونية
composite color signal . . . . .	الاشارة اللونية المؤلفة *
inphase signal . . . . .	الاشارة المتطاورة ( I ) *
composite color signal . . . . .	الاشارة الملونة المؤلفة *
brightness signal (Y) . . . . .	اشارة النضوع *
semiconductors . . . . .	اشباه الموصلات
saturation . . . . .	اشباع
radiation . . . . .	اشعاع
illumination . . . . .	اضاءة

stabilizing, stabilization	اقرار (استقرار)
reproduction	اعادة الانتاج
regeneration	اعادة التوليد
recombination	اعادة اتحاد (حوامل الشحنات)
design consideration	اعتبارات تصميمية
reliability, dependability	اعتمادية
clipping	اقتضاب
sweep	اكتساح (مسح)
aquadag	اكواداج (جرافيت غرواني)
electrode	الكثود (قطب كهربائي)
control electrode	الكثود التحكم
focusing electrode	الكثود التركيز
screening (accelerating) electrode	الالكثود الحاجب (المعجل)
electrostatic	الكثروستاتي
electron	الكثرون
electronic	الكثروني
electronics	الالكثرونيات
metalizing	المعدنة
aluminizing	الألمنة *
mechanizm	آلية
forward, front	أمامي
foreground	الامامية
Ampere (A)	أمبير
optimal	أمثل
duration	أمد
tilt	الامالة *
simultaneous	آني
cathode-ray tube (CRT)	أنبوب أشعة الكاثود *
pick-up (camera) tube	انبوب التصوير *
picture (display) tube	أنبوب الصورة *
camera tube	أنبوب الكاميرا *
propagation, diffusion	انتشار
selectivity	انتقائية
deflection, deviation	انحراف

electrostatic deflection . . . . .	الانحراف الالكتروستاتي *
frequency deviation . . . . .	انحراف التردد *
magnetic deflection . . . . .	الانحراف المغنطيسي *
voltage surge . . . . .	اندفاع الفلطية
lap dissolve . . . . .	الانحلال التراكمي *
bias . . . . .	الانحياز
shift, offset . . . . .	انزياح
loop . . . . .	انشوطة
reflection . . . . .	انعكاس
permeability . . . . .	الانفاذية (المغنطيسية)
refraction . . . . .	انكسار
breakdown . . . . .	انهيار
anode, plate . . . . .	أنود (مصعد)
simultaneous . . . . .	اني
automatic . . . . .	اوتوماتي
image orthicon . . . . .	أورثيكون الصورة *
intermediate . . . . .	أوسط
primary, preliminary . . . . .	أولى
Ohm( $\Omega$ ) . . . . .	أوم
iconoscope . . . . .	الايفونوسكوب *
image iconoscope . . . . .	ايكونوسكوب الصورة *
ion . . . . .	ايون
ionosphere . . . . .	الايونوسفير (الجو المتأين)

- ب -

parameter . . . . .	بارامتر ( كمية مميزة /متغيرة القيمة/ )
emitter . . . . .	باعث ( مبعث )
	برمالوى ( سبيكة من النيكل والنحاس عالية
permalloy . . . . .	الانفاذية المغنطيسية )
optical . . . . .	بصرى ( ضوئى )
optics . . . . .	البصريات
electron optics . . . . .	البصريات الالكترونية *
battery . . . . .	بطارية
focal distance . . . . .	البعد البؤرى

أحرف يوناني كبير يلفظ «أوميغا»

reel, pulley . . . . .	بكرة
take-up reel . . . . .	البكرة الآخذة
supply reel . . . . .	البكرة العاطية
fluorine plastic . . . . .	بلاستيك فلورى
crystal . . . . .	بلورة
structure . . . . .	بنية ( بنيان )
gate . . . . .	بوابة
focus . . . . .	بؤرة
focal . . . . .	بؤرى
horn . . . . .	بوق
poly- ethylene . . . . .	بوليثيلين
resolution, definition, detail . . . . .	بيان ( استبانة ) [تفاصيل الصورة]
horizontal resolution . . . . .	البيان الافقى *
vertical resolution . . . . .	البيان الرأسى *
periscope . . . . .	البيروسكوب *

( مجموعة بصرية تتألف مثلا من مرآتين

متوازيتين ومتقابلتين ترد الاشعة الى

احدهما بزاوية  $45^\circ$  فتعكس عنها باتجاه معامد

ثم تنعكس عن الاخرى متجهة بموازاة اتجاهها

( الاصلى )

piezoelectric . . . . .	بيزوكهربائى ( كهربائى اجهادى )
pico- (p) . . . . .	بيكو ( ١٠ - ١٢ )
picofarad (pF) . . . . .	بيكوفاراد

#### - ت -

satellite . . . . .	تابع ( قمر )
communications satellites . . . . .	توابع الاتصالات *
emitter follower . . . . .	التابع الباعث *
cathode follower . . . . .	التابع الكاثودى *
influence, effect . . . . .	تأثير
piezoelectric effect . . . . .	التأثير البيزوكهربائى
proximity effect . . . . .	تأثير التقاربية *
photoelectric effect . . . . .	التأثير الكهرضوئى *
swing . . . . .	تأرجح
earthing . . . . .	تأريض ( توصيل بـ « الارض » )

compatibility . . . . .	التألف
brilliance, lumenescence . . . . .	تألق
contrast . . . . .	التباين
switching, commutation . . . . .	تبدیل (یوضع مفتاح كهربائی)
sequential . . . . .	تتابعی
fixing, stabilization . . . . .	تثبيت
transient overshoot ( $\delta$ ) <sup>١</sup> . . . . .	التجاوز العابر *
equipment, arrangement, apparatus . . . . .	تجهیزة
infra-red . . . . .	تحت الاحمر
amplitude limiting . . . . .	تحديد الاتساع
control . . . . .	تكم
automatic frequency control (AFC) . . . . .	التحكم الاوتوماتی فی التردد *
automatic gain control (AGC) . . . . .	التحكم الاوتوماتی فی الکسب *
automatic brightness control . . . . .	التحكم الاوتوماتی فی النصوع *
remote control . . . . .	التحكم عن بعد
transfer, transformation, conversion . . . . .	تحويل
lag, persistence . . . . .	تخلف
storage . . . . .	تخزين
brightness gradations . . . . .	تدرجات النصوع
interference . . . . .	تداخل
luminous flux ( $\Phi$ ) <sup>٢</sup> . . . . .	التدفق الضیائی *
magnetic flux ( $\Phi$ ) . . . . .	التدفق المغنطیسی
oscillation . . . . .	تذبذب
overlap, superposition, superimposing . . . . .	تراکب
coding, encoding . . . . .	الترامز *
transistor . . . . .	ترانزستور
diffused-junction transistor . . . . .	ترانزستور الانتشار
planar transistor . . . . .	ترانزستور بلانار
mesa transistor . . . . .	ترانزستور میسا
alloy-junction transistor . . . . .	ترانزستور الوصلة المسبوكة
frequency (f) . . . . .	التردد

<sup>١</sup> حرف یونانی صغیر یلفظ « دلتا »

<sup>٢</sup> حرف یونانی کبیر یلفظ « فی »

intercarrier (beat) frequency	التردد المتضارب بين الموجتين الحاملتين *
frame (repetition) frequency	التردد الاطارى * (عدد الاطارات فى الثانية $n$ )
critical flicker frequency	التردد الارتعاش الحرج *
ultra high frequencies (UHF)	الترددات بعد العالية
angular frequency ( $\omega$ )	التردد الزاوى
high frequencies (HF)	الترددات العالية
very high frequencies (VHF)	الترددات العالية جدا
lower frequencies cut-off	تردد القطع السفلى *
higher frequencies cut-off	تردد القطع العلوى *
ultrasonic frequencies	الترددات فوق السمعية
super high frequencies (SHF)	الترددات فوق العالية
radio frequencies (RF)	ترددات اللاسلكى
horizontal (line) (scan-ning) frequency ( $f_H$ )	تردد المسح الاقصى (تردد مسح الخط) *
vertical (field) (scanning) frequency ( $f_V$ )	تردد المسح الراسى (تردد مسح المجال) *
low frequencies (LF)	الترددات المنخفضة
filtration	ترشيح
focusing, concentration	تركيز
electrostatic focusing	التركيز الالكتروستاتى *
synchronization	التزامن *
acceleration	التسارع
video recording	السجيل الصورى ( « المرئى » ) *
interlace, interleaving	تشابك
frequency interlace	التشابك الترددى *
band sharing	التشارك النطاقى *
saturation	تشبع
dissipation	تشتيت ( الطاقة )
shaping, formation	تشكيل
distortion	تشوه أو تشويه
barrel distortion	تشوه البرميل *
frequency distortions	التشوهات الترددية *

quadrature distortions . . . . .	* التشوهات المتعامدة
trapezoidal (keystone) distortion . . . . .	* تشوه شبه المنحرف
phase distortions . . . . .	* التشوهات الطورية
non-linear distortions . . . . .	* التشوهات اللاخطية
pincushion (pillow) distortion . . . . .	* تشوه مخدة الدبابيس
aperture distortion . . . . .	* التشوه الناجم عن الفتحة ( النقطة الماسحة )
geometric distortions . . . . .	* التشوهات الهندسية
disturbance . . . . .	تشويش
correction . . . . .	تصحيح
gamma correction . . . . .	* تصحيح الغاما
aperture correction . . . . .	* تصحيح « الفتحة »
design . . . . .	تصميم
intercarrier beat . . . . .	التضارب بين ( الموجتين ) الحاملتين ( الصورة والصوت )
superheterodyne . . . . .	* التضارب الفوقى ( السوبر هترودين )
decaying, damping . . . . .	تضاؤل
shading . . . . .	تظليل
amplitude modulation (AM) . . . . .	تعديل الاتساع
frequency modulation (FM) . . . . .	تعديل التردد
quadrature modulation . . . . .	* التعديل المتعامد
delay . . . . .	تأخير أو تمويق ( زمنى )
compensation . . . . .	تعويض
feed, supply . . . . .	تغذية
feedback . . . . .	تغذية خلفية
picture detail (-s) . . . . .	تفصيل ( تفاصيل ) الصورة
differential . . . . .	تفاضل أو تفاضلى
tolerance . . . . .	تفاوت ( مسموح به )
shunting . . . . .	تفريع ( تيار )
centre tap . . . . .	تفريضة منتصف
discharge . . . . .	تفريع ( شحنة )
phosphorescence . . . . .	التفسفر ( الضيائية الفوسفورية )
multiplex . . . . .	تقابل متعدد
convergence . . . . .	تقارب ( الاشعة الالكترونية )
coupling . . . . .	تقارن ( قرن )
tight coupling . . . . .	تقارن وثيق

lead . . . . .	تقدم ( سبق )
progressive . . . . .	تقدمى
division . . . . .	تقسيم ( قسمة )
rectification . . . . .	تقويم
integration . . . . .	تكامل
amplification . . . . .	تكبير
video amplification . . . . .	تكبير الإشارة الصوتية
adaption . . . . .	التكيف للاستضاءة ( التهيؤ )
accomodation . . . . .	التكيف للمسافة
formation, generation, shaping . . . . .	تكوين
scintillation . . . . .	تلاؤل
televising . . . . .	تلفزة
television (TV) . . . . .	التلفزيون
black-and-white television . . . . .	التلفزيون الاسود والابيض
stereo television . . . . .	التلفزيون المجسم
color television . . . . .	التلفزيون الملون
chrominance, coloring . . . . .	التلون ( اللونية )
telecine . . . . .	التليسينا *
symmetrical . . . . .	تمائلى ( متماثل )
wave, ripple . . . . .	تموج
smoothing, filtration . . . . .	تنعيم ( ترشيح )
harmonic . . . . .	توافقى أو توافقية
timing . . . . .	تواقت
distribution . . . . .	توزع أو توزيع
conduction, connection . . . . .	توصيل
wiring . . . . .	توصيلات سلكية
parallel connection . . . . .	توصيل على التوازى
series connection . . . . .	توصيل على التوالى
matching . . . . .	توفيق
tuning . . . . .	توليف
staggertuning . . . . .	توليف خلافى
fine tuning . . . . .	توليف دقيق
attenuation . . . . .	توهين
current . . . . .	تيار



dark current . . . . .	تيار الاغلام .
alternating current (AC) . . . . .	التيار المتردد
direct current (DC) . . . . .	التيار المستمر

- ث -

constant . . . . .	ثابت
time constant ( $\tau$ ) <sup>١</sup> . . . . .	ثابت زمني
dielectric constant ( $\epsilon$ ) <sup>٢</sup> . . . . .	ثابت العزل
distributed constants . . . . .	ثوابت موزعة
lumped constants . . . . .	ثوابت مجمعة
triad . . . . .	ثالوث
secondary . . . . .	ثانوى
second . . . . .	ثانية
constancy, stability, hold . . . . .	ثبات
horizontal hold . . . . .	الثبات الافقى
vertical hold . . . . .	الثبات الرأسى
thermistor . . . . .	ثرمستور (مقاومة ذات معامل حرارى سالب كبير)
thermionic . . . . .	ثرميونى (الكترونى حرارى)
gap . . . . .	ثغرة
hole, aperture . . . . .	ثقب
binary, diode (D) . . . . .	ثنائى
bidirectional, bilateral . . . . .	ثنائى الاتجاه
bistable . . . . .	ثنائى الاستقرار *
crystal diode . . . . .	ثنائى بلورى
Zener diode . . . . .	ثنائى زينر (مثبت للفلطية)
varactor diode . . . . .	ثنائى الفاراكتور *
bifilar . . . . .	ثنائى السلك
dipole . . . . .	ثنائى القطب *
dichroic . . . . .	ثنائى اللون *
junction diode . . . . .	ثنائى الوصلة

١ حرف يونانى يلفظ « تاو »

٢ حرف يونانى يلفظ « ابسيلون »

- ج -

graphite . . . . .	جرافيت
aquadag . . . . .	جرافيت غرواني (أكواداج)
graphophon . . . . .	الجرافيون
loudness, sound volume . . . . .	الجهارة (حجم الصوت)
apparatus, device, set . . . . .	جهاز
television ransmitter . . . . .	جهاز الارسال التلفزيوني *
television receiver . . . . .	جهاز للاستقبال التلفزيوني *
recorder . . . . .	جهاز التسجيل
television set (receiver) . . . . .	جهاز التلفزيون
monitor . . . . .	جهاز المشاهدة (المراقبة)
potential, voltage . . . . .	جهد
quality, quality factor (Q) . . . . .	جودة

- ح -

screen, shield . . . . .	حاجب
diaphragm . . . . .	حاجز (ذو فتحة في وسطه)
turnstile . . . . .	حاجز دوار
sharp . . . . .	حاد
front (leading) edge . . . . .	الحافة الامامية (المتقدمة)
back (trailing) edge . . . . .	الحافة الخلفية (المتخلفة)
control . . . . .	حاكم
contrast control . . . . .	حاكم التباين
automatic gain control (AGC) . . . . .	حاكم الكسب الاوتوماتي
gated (keyed) control . . . . .	حاكم الكسب الاوتوماتي المحور
automatic brightness control . . . . .	حاكم النصوص الاوتوماتي *
state, condition . . . . .	حالة
carrier, support, pedestal . . . . .	حامل
charge carriers . . . . .	حوامل الشحنات
sound carrier (wave) . . . . .	حاملة الصوت *
picture carrier (wave) . . . . .	حاملة الصورة *
subcarrier (wave) . . . . .	حاملة فرعية
color subcarrier . . . . .	الحاملة الفرعية اللونية *

grain, dot	حببية
induction	حث
screen, shield, blind	حجاب
gating, keying	حجز (انتقاء زمني)
sharpness	حدة (التفاصيل)
iris	حلقة العين
cross-talk (interference)	حديث تداخل (تخالطي)
quadrature cross-talk	الحديث التداخل المتعامدي *
thermal, thermionic	حرارى
critical	حرج
motion	حركة
electron beam	حزمة الكترونيات (شعاع الكتروني)
sensitivity	حساسية
noise immunity	الحصانة ضد الضوضاء
fovea	الحفرة المركزية (الشبكية العين)
drive	حفز
overdrive	حفز زائد
conservation, storage, memory	حفظ
toroidal, ring circular	حلقي
load	حمل
diffraction	حيود

## - خ -

property (properties)	خاصة (خواص)
characteristic	خاصة مميزة
characteristic (s), feature (s)	خاصة (خصائص)
choke (coil)	خائق (ملف خائق)
test chart	خريطة (نمط) اختبار
output	الخرج
particularities, features	خصوصيات
line	خط
delay line	خط تمويق (تأخير)
supersonic delay line	خط التمويق فوق السمي
feeder, feeding line	خط تغذية

spiral line	خط حلزوني
balanced line	خط متوازن
coaxial line	خط محوري
balanced turn line	خط مزدوج متوازن
line of sight	خط النظر
transmission line	خط نقل
flyback (retrace) lines	خطوط الارتداد (الرجوع) *
active (scanning) lines	خطوط المسح الفعالة *
linearity	الخطية (الاستقامة)
de-emphasis	خفض الذروة (فى جهاز الاستقبال)
fading	خفوت
background	الخلفية
cell	خلية
photoelectric cell	الخلية الكهروضوئية *
silhouette, image	خيال

- د -

drum	دائرة (اسطوانة دوارة)
function	دالة
circuit, network	دائرة / كهربائية /
resonant circuit	دائرة رنين
short circuit	دائرة قصر
closed circuit	دائرة مغلقة
open circuit	دائرة مفتوحة
input	الدخل
degree, step, graduation	درجة
step voltage	درجة فلتية (على شكل درجة سلم)
degree Kelvin (K)	درجة كلفن
Kelvin temperature (T)	درجة حرارة كلفن (درجة الحرارة المطلقة)
shield	درع (حاجب)
support	دعامة
drive, impulse	دفع
impulse, burst	دفعة (نبضة أو مجموعة ذبذبات)
color (subcarrier) burst	دفعة الحاملة الفرعية اللونية

ringing . . . . .	الدق (ذبذبات متضائلة)
accuracy, precision, fineness . . . . .	دقة
refractive index (n) . . . . .	دليل الانكسار
tape guide . . . . .	دليل الشريط
wave guide . . . . .	الدليل الموجي
period, cycle, role . . . . .	دور
rotation, cycle . . . . .	دورة
periodic . . . . .	دوري
dipole . . . . .	الديبول (ثنائي القطب) *
folded dipole . . . . .	الديبول المطوى *
decibel (dB) . . . . .	ديسيبل
dynamic . . . . .	دينامي (تحريكى)
dynode . . . . .	دينود (الكثود مضاعف الكترونات)
memory . . . . .	ذاكرة
oscillation, cycle . . . . .	ذبذبة
parasitic oscillations . . . . .	ذبذبات طفيلية
peak, top . . . . .	ذروة
trailer . . . . .	ذيل

- ر -

magnetic head . . . . .	رأس مغنطيسى
oscilloscope . . . . .	رأس الذبذبات (الاولوسكوب)
vertical . . . . .	رأسى
quarter-wave . . . . .	ربع موجى
diagram . . . . .	رسم تخطيطى (بيانى)
circuit-diagram . . . . .	رسم تخطيطى للدائرة
block-diagram . . . . .	رسم تخطيطى للمراحل
vector diagram . . . . .	رسم متجهات
vitreous humor . . . . .	الروطبة الزجاجية (العين)
aqueous humor . . . . .	الروطبة المائية (العين)
pre-emphasis . . . . .	رفع الذروة (فى جهاز الارسال) *
noise figure (N) . . . . .	رقم الضوضاء *
foil (-s) . . . . .	رقيقة (رقائق)
resonant . . . . .	رنان

parallel resonance . . . . .	التوازي	دنين
series resonance . . . . .	التوالي	دنين
ferromagnetic resonance . . . . .	المغناطيسي الحديدي *	الرنين
porch . . . . .		رواق
front porch . . . . .	الرواق الامامي	
back porch . . . . .	الرواق الخلفي	
"sound" porch . . . . .	الرواق « الصوتي »	
vision, sight, visibility . . . . .		رؤية
solid angle ( $\Omega$ ) <sup>1</sup> . . . . .	المجسمة *	الزاوية
steradian . . . . .	نصف القطرية المجسمة	الزاوية
phase shift . . . . .	الطور	زحزحة
time (t) . . . . .		الزمن
even . . . . .		زوجي
zoom, zoomer . . . . .	(عدسة ذات بعد بؤري متغير)	الزوم
spherical aberration . . . . .	الكروي *	الزيف
chromatic aberration . . . . .	اللونى *	الزيف

- م -

negative . . . . .	سالب
curtain . . . . .	ستارة
pull-down . . . . .	سحب (الفيلم)
velocity . . . . .	السرعة
surface . . . . .	سطح
brightness . . . . .	سطوع
capacitance . . . . .	سعة (مكثف)
wiring capacitance . . . . .	سعة التوصيلات
stray capacitance . . . . .	السعة الشاردة
distributed capacitance . . . . .	السعة الموزعة
passive . . . . .	سلبي (غير فعال)
smooth . . . . .	سلس
pulse train . . . . .	سلسلة نبضات
gray scale . . . . .	سلم (مقياس) الرماديات

<sup>1</sup> حرف يوناني كبير يلفظ « اوميغا »

speaker, headphone	سماعة
audio	سمعى
sawtooth	سن منشار
outside broadcasting van	سيارة التلفزة (الاذاعة) الخارجية *

- ش -

stray	شارد
chassis	شاسيه
screen	شاشة (التلفزيون أو السينما)
phase splitter	شاطر الطور
grating	شباكة
grid, mesh, network	شبكة
screen (ing) grid	الشبكة الحاجبة
control grid	الشبكة الحاكمة (شبكة التحكم)
target mesh	شبكة الهدف
retina	شبكة العين *
trapezoid	شبه المنحرف
charge	شحن أو شحنة
intensity, strength	شدة
current intensity (I)	شدة التيار
luminous intensity (I)	الشدة الضيائية
electric field strength (E)	شدة المجال الكهربائي *
magnetic field strength	شدة المجال المغنطيسى
dash (-es)	شرطة (شرط)
strip, slide	شريحة
tape, stripe, bar, band	شريط
horizontal bar	شريط افقى (فى صورة)
vertical bar	شريط راسى (فى صورة)
magnetic tape	شريط مغنطيسى
aluminum band	شريط الومنيوم
transparent	شفاف
ray, beam	شعاع
electron beam	شعاع الكرونى

light ray (beam)	شعاع ضوئي
return beam	الشعاع العائد
scanning beam	الشعاع الماسح
form, shape, figure	شكل
Lissajous figures	اشكال ليساجو
waveform	الشكل الموجي
candle, candella	شمعة
object	شيء مرئي
objective	الشيئية

- ص -

mast	صاري
echo	صدى
arrays	صفوف هوائيات
sclera	صلبة العين
Maltese cross, Geneva wheel	صليب مالطا *
tube, valve (V)	صمام (إلكتروني)
triode	صمام ثلاثي الإلكترونات
diode	صمام ثنائي
pentode	صمام خماسي
multiplier phototube	صمام ضوئي مضاعف
vaccum tube (valve)	صمام مفرغ
sound, voice	صوت
accompanying sound	الصوت المصاحب
split sound	الصوت المنفصل *
picture, image	صورة
optical image	صورة بصرية
television picture	صورة تلفزيونية
charge (potential) picture	صورة شحنات (جهد)
video	صورى

- ض -

adjustment	ضبط
light	ضوء ضوء
key light	الضوء الرئيسي



flood light . . . . .	الضوء « الفامر »
base light . . . . .	الضوء « القاعدى »
spot light . . . . .	الضوء « الموضعى »
noise . . . . .	ضوضاء
thermal noise . . . . .	الضوضاء الحرارية *
shot noise . . . . .	الضوضاء الطلقية *
random noise . . . . .	الضوضاء العشوائية
impulse noise . . . . .	الضوضاء النبضية *
luminous . . . . .	ضيائى
luminescence . . . . .	الضيائية *

— ط —

energy . . . . .	طاقة
parabolic dish . . . . .	الطبق القطعى المكافى *
natural . . . . .	طبيعى
side, terminal . . . . .	طرف
transmitting side . . . . .	الطرف المرسل
receiving side . . . . .	الطرف المستقبل
method, system, way . . . . .	طريقة
parasitic, spurious . . . . .	طفيلى
hum . . . . .	الطنين (موجات منبع القدرة) *
phase ( $\varphi$ ) <sup>١</sup> . . . . .	الطور
wave-length ( $\lambda$ ) <sup>٢</sup> . . . . .	الطول الموجى
spectrum . . . . .	طيف
discontinuous spectrum . . . . .	طيف غير متصل
continuous spectrum . . . . .	طيف متصل
spectral . . . . .	طيفى

— ظ —

phenomenon, effect . . . . .	ظاهرة
skin effect . . . . .	الظاهرة السطحية

<sup>١</sup> حرف يونانى صغير يلفظ « فى »

<sup>٢</sup> حرف يونانى يلفظ « لامدا »

shadow (shading) effect	ظاهرة الظلال (التظليل)
photoelectric effect	الظاهرة الكهروضوئية *
photoconductive effect	ظاهرة الموصلية الكهروضوئية *
apparent	ظاهري
shadow	ظل

- ع -

transient	عابر
isolator, insulator	عازل
soundproof	عازل (كتوم) للصوت
inverter, reflector	عاكس
phase inverter	عاكس الطور
factor, coefficient	عامل (معامل)
wheel	عجلة
binary counter	عداد ثنائي
number of (scanning) lines (Z) <sup>١</sup>	عدد خطوط المسح *
lens	عدسة
convergent lens	عدسة مجمعة (مقربة)
divergent lens	عدسة مفرقة (مبعدة)
outside broadcasting van (OBV)	عربة التلفزة (الاذاعة) الخارجية *
width, display	عرض
video playback	عرض (اعادة انتاج) التسجيل الصوري
bandwidth	عرض النطاق (الترددى)
random	عشوائي
nerve	عصب
modern	عصرى
failure, defect	عطب
reverse	عكسى
modulation depth	عمق التمديل
element	عنصر
neck	عنق (انبوب الصورة)

<sup>١</sup> الحرف الاول من الكلمة الالمانية المرادفة Zeilenzahl

reliability . . . . .	الموثوق
drawback, disadvantage, defect . . . . .	عيب

## -ع-

shutter . . . . .	الغالق
gamma ( $\gamma$ ) <sup>١</sup> . . . . .	الغاما *
control room . . . . .	غرفة ( أجهزة ) المراقبة *
envelope, case, bulb . . . . .	غلاف
wave envelope . . . . .	غلاف الموجة

## -ف-

Farad (F) . . . . .	فاراد
varactor . . . . .	فاراكور ( مكثف تعتمد قيمته على الفولطية )
varistor . . . . .	فاريستور ( مقاومة تعتمد قيمتها على الفولطية )
voltage- depending resistor (VDR)	
sync separator . . . . .	فاصل التزامن *
aperture . . . . .	فتحة
interval, period . . . . .	فترة
filament, heater . . . . .	فتيلة ( التسخين )
resonant cavity . . . . .	فجوة رنانية
odd . . . . .	فردى
mosaic . . . . .	فسيفساء ( موازيك )
separation . . . . .	فصل
effective, active . . . . .	فعال
effectiveness, efficiency . . . . .	فعالية
loss ( -es) . . . . .	فقد ( مفقودات )
decoupling . . . . .	فك التقارن
decoding . . . . .	فك الترميز
voltage (V) . . . . .	فلطية ( جهد أو فرق جهد )
heater voltage . . . . .	فلطية التسخين
driving voltage . . . . .	فلطية حافزة

---

<sup>١</sup> حرف يوناني صغير يلفظ « غاما » ( جاما )

saw- tooth voltage . . . . .	فلطية سن منشار
cut- off voltage . . . . .	فلطية القطع
power- supply voltage . . . . .	فلطية المنبع
bias voltage . . . . .	فلطية الانحياز
fluorescence . . . . .	الفلورية * (ضياية تزول بعد زوال المؤثر بأقل من ١٠ - ٨ ثانية)
ultra- violet . . . . .	فوق البنفسجى
volt (V) . . . . .	فولط
vidicon . . . . .	الفيديكون *
ferrite . . . . .	فيريت

- ٣ -

plug . . . . .	قابس ( فيشة )
dark . . . . .	قاتم
pedestal . . . . .	قاعدة
trigger . . . . .	قلح
power (p) . . . . .	القدرة
dissipated power . . . . .	القدرة المشتقة ( المبددة )
resolving power, resolution . . . . .	قدرة التحليل او التيين *
bombardment . . . . .	قذف
Nipkow disc . . . . .	قرص نيبكو *
coupling . . . . .	قرن ( تقارن )
cornea . . . . .	قرنية العين
inertia . . . . .	قصور ( ذاتى )
bars . . . . .	قضان ( شبكية ) العين *
section . . . . .	قطاع ( قسم )
polarity . . . . .	قطبية
diameter . . . . .	قطر
cut-off . . . . .	قطع
magnetic core . . . . .	قلب مغنطيسى
claping . . . . .	القمط * ( استعادة المركبة المستمرة )
channel . . . . .	قناة
shadow (aperture) mask . . . . .	قناع الظل * ( قناع مثقب )

force (F) . . . . .	قوة
electromotive force (E) . . . . .	قوة دافعة كهربائية
measurement . . . . .	قياس
standard . . . . .	قياسي

— ك —

coaxial cable . . . . .	الكابل المحوري
cathode . . . . .	كاثود (مهبط)
thermionic cathode . . . . .	الكاثود الحراري (الترموني)
photocathode . . . . .	الكاثود الضوئي
refractive . . . . .	كاسر الضوء
cascode . . . . .	الكاسكود *
detector, demodulator . . . . .	كاشف (كاشف التعديل)
amplitude detector . . . . .	كاشف الاتساع *
frequency detector . . . . .	كاشف التردد *
phase detector . . . . .	كاشف الطور *
ratio detector . . . . .	كاشف النسبة *
television camera . . . . .	الكاميرا التلفزيونية
candella . . . . .	كانديلا (شمعة)
kinescope, picture tube . . . . .	الكينيسكوب (أنبوب الصورة)
piston . . . . .	كباس
supression . . . . .	كبت
mass (m) . . . . .	الكتلة
chromatron . . . . .	الكروماترون
gain . . . . .	الكسب (التكبير)
efficiency ( $\eta$ ) . . . . .	الكفاية
luminous efficiency . . . . .	الكفاية (الفعالية) الضيائية *
"cloche" (bell) . . . . .	«كلوش» (جرس)
"anticloche" . . . . .	«كلوش» عكسي
quantum . . . . .	الكم
quantity . . . . .	كمية

<sup>١</sup> حرف يوناني يلفظ «إيتا»

electric . . . . .	كهربائي
piezoelectric . . . . .	كهربائي اجهادي ( بيزوكهربائي )
photoelectric . . . . .	كهروضوئي ( كهربائي ضوئي )
electromagnetic . . . . .	كهرومغناطيسي ( مغناطيسي كهربائي )
quartz . . . . .	كوارتز
coulomb . . . . .	كولون
control console . . . . .	كونسول التحكم
kilo-(k) . . . . .	كيلو ( ١٠٠٠ )
kilovolt (kV) . . . . .	كيلوفولط

- ل -

non- linearity . . . . .	اللاخطية
radio, wireless . . . . .	لاسلكي
pick-up . . . . .	لاقط ( اشارة )
instantaneous, momentary . . . . .	لحظي
smear, trailer . . . . .	لطخة
turn . . . . .	لفة
close up shot . . . . .	لقطة قريبة ( عن كثب )
long shot . . . . .	لقطة بعيدة
plate . . . . .	لوح
signal plate . . . . .	لوح الاشارة *
target plate . . . . .	لوح الهدف *
panel, board, picture . . . . .	لوحة
front panel . . . . .	اللوحة الامامية للجهاز
checkerboard . . . . .	لوحة شطرنج
logarithm (log) . . . . .	لوغاريتم
lux . . . . .	لوكس
lumen . . . . .	لومن
primary color . . . . .	لون أساسي ( اولي )
complementary color . . . . .	لون متحكم
chromaticity . . . . .	لونية

substance, material . . . . .	مادة
dielectric, insulating material . . . . .	مادة عازلة
phosphor, phosphorescent material . . . . .	مادة متفسفرة
mixer . . . . .	مازج
direct . . . . .	مباشر
light (charge) storage principle . . . . .	مبدأ تخزين الضوء (الشحنات)
switch, commutator . . . . .	مبدل
electronic switch ( commutator ) . . . . .	مبدل الكتروني
available, permissible . . . . .	مفتاح
inherent . . . . .	متأصل
compatible . . . . .	متآلف
vector . . . . .	متجه ( كمية موجهة )
lagging, trailing . . . . .	متخلف
synchronous . . . . .	متزامن
equipotential . . . . .	متساوي الجهد
Fourier series . . . . .	متسلسلة فورييه
continuous, connected . . . . .	متصل
in-phase . . . . .	متطاور
requirements . . . . .	متطلبات
neutral, compensated . . . . .	معادل ( محايد )
successive, cascaded . . . . .	متعاقب
symmetrical . . . . .	متماثل ( تماثلي )
concentric . . . . .	متمركز ( متحد المركز )
middle, intermediate . . . . .	متوسط
ideal, idealized . . . . .	مثالي
field . . . . .	مجال
leakage field . . . . .	مجال التسرب
fringing (fringe) field . . . . .	مجال التهذب ( الحافة )
electric field . . . . .	مجال كهربائي
scanning field . . . . .	مجال السح
magnetic field . . . . .	مجال مغناطيسي
potentiometer . . . . .	مجزئ جهد ( بوتنشيومتر )
loudspeaker . . . . .	المجهاز

inductance (L) . . . . .	محاثة ( ملف )
stray inductance . . . . .	المحاثة الشاردة
alignment . . . . .	محاذاة ( استبعاد الاتجاه )
collector . . . . .	مجمع
shielded . . . . .	محجب
limiter, clipper . . . . .	محدد
motor . . . . .	محرك
resultant . . . . .	محصل
station . . . . .	محطة
relay station . . . . .	محطة الارسال ( التقوية ) *
television station . . . . .	محطة التلفزيون *
terminal station . . . . .	المحطة الطرفية (الانهاية )
transformer, transducer, converter . . . . .	محول
piezo-electric transducer . . . . .	محول بيزوكهربائي
frequency converter . . . . .	محول ( مغير ) تردد
power transformer . . . . .	محول قدرة
erase . . . . .	محو ( التسجيل )
coaxial . . . . .	محموري ( متحد المحور )
director . . . . .	مخرج سينمائي أو تلفزيوني
cone . . . . .	مخروط
cones . . . . .	مخاريط ( شبكة العين ) *
dampner . . . . .	مخمّد
orbit . . . . .	مدار
vision persistence . . . . .	مداومة الابصار *
screen persistence . . . . .	مداومة الشاشة *
track . . . . .	مدرج ( التسجيل )
electron gun . . . . .	مدفع الالكترونات *
range . . . . .	مدى
oscillator . . . . .	مذبذب ( متذبذب )
Colpitts oscillator . . . . .	مذبذب كولبيتز * ( مذبذب LC ذو تغذية خلفية سعوية )
blocking oscillator . . . . .	المذبذب المانع *
multivibrator . . . . .	المذبذب المتعدد ( التوافقيات ) *
mirror . . . . .	مرآة
square . . . . .	مربع



reference	مرجع ( مرجعى )
stage	مرحلة ( تكبير )
component	مركبة
AC component	مركبة مترددة ( تيار متردد )
DC component	مركبة مستمرة ( تيار مستمر )
boom	مرفاع ( الميكروفون )
elbow	مرفق
centering, centring	مركزة
advantages	مزايا
synchronization	مزامنة
double, twin, paired	مزدوج
boule-tuned	مزدوج التوليف
phase shifter	مزدوج الطور
path, track	مسار
induced	مستحث
rectangle, rectangular	مستطيل
level	مستوى
white level	مستوى الابيض *
black level	مستوى الاسود *
blackier-than- black level	مستوى اسود من الاسود *
blanking (pedestal) level	مستوى ( نبضات ) الاطفا *
noise level	مستوى الضوضاء *
cut- off level	مستوى القطع
sync level	مستوى نبضات التزامن *
plane	مستوى
progressive (sequential) scanning	المسح التقدمى ( التابعى ) *
interlaced (interleaved) scanning	المسح المتشابك *
permissible	مسموح به
radiator	مشع
Tungsten lamp	مصباح تنجستين
fluorescent lamp	مصباح فلورى
incandescent lamp	مصباح متوهج
neon lamp	مصباح نيون
source	مصدر ( اشارة )

coding matrix . . . . .	مصفوفة الترامز *
solid . . . . .	مصمت
fuse . . . . .	مصهر
trap . . . . .	مصيدة
ion trap . . . . .	مصيدة الايونات *
electron multiplier . . . . .	مضاعف الالكترونات
voltage multiplier . . . . .	مضاعف الفلطية
braided . . . . .	مضفر
neutralization, compensation . . . . .	معادلة (ابطال أو تمويض)
HF compensation . . . . .	معادلة الاستجابة لدى الترددات العليا *
LF compensation . . . . .	معادلة الاستجابة لدى الترددات المنخفضة *
inherent feedback neutralization . . . . .	معادلة التغذية الخلفية المتأصلة في المكبر *
exciter . . . . .	مستثير
coefficient, factor, processing . . . . .	معامل
reflection coefficient ( $\rho$ ) ١ . . . . .	معامل الانعكاس
attenuation coefficient ( $\beta$ ) ٢ . . . . .	معامل التوهين
processing . . . . .	معاملة (معالجة)
impedance (Z) . . . . .	معاوقة
characteristic impedance . . . . .	المعاوقة المميزة
metalizing . . . . .	المعدنة (الآلئة) *
booster . . . . .	معزز
technical data . . . . .	معطيات فنية
magnet . . . . .	مغناطيسي
magnetic . . . . .	مغناطيسي
frequency converter (changer) . . . . .	مغير التردد
reactance . . . . .	مفاعلة
switch . . . . .	مفتاح (كهربائي)
turret switch . . . . .	مفتاح شرائحي (برجي)
single - tuned . . . . .	مفرد التوليف
size . . . . .	مقاس
resistor, resistance (R) . . . . .	مقاومة

١ حرف يوناني يلفظ « رو »

٢ حرف يوناني يلفظ « بيتا »

photoresistor . . . . .	مقاومة ضوئية
ballast resistance . . . . .	مقاومة كبح ( هبوط فلطية )
equivalent noise resistance . . . . .	المقاومة المكافئة للضوضاء *
clipper . . . . .	مقتضب ( محدد )
comparator . . . . .	مقارن ( الطور )
jack . . . . .	مقبس
handle . . . . .	مقبض ( يد )
deflection yoke . . . . .	مقرن ( ملفات ) الانحراف
frequency divider . . . . .	مقسم التردد
voltage divider . . . . .	مقسم الفلطية
rectifier . . . . .	مقوم
equivalent . . . . .	مكافئ *
amplifier . . . . .	مكبر
audio amplifier . . . . .	المكبر السمعي
video amplifier . . . . .	المكبر الصوري *
preamplifier . . . . .	المكبر المتقدم ( الاولى ) *
tuned amplifier . . . . .	مكبر مولف
band amplifier . . . . .	مكبر نطاقى
capacitor, condenser . . . . .	مكثف
trimmer . . . . .	مكثف
friction contacts . . . . .	ملاسات احتكاكية
slip contacts . . . . .	ملاسات انزلاقية
coil, winding . . . . .	ملف
color, colored . . . . .	ملون
characteristic, discriminator . . . . .	مميز
frequency discriminator . . . . .	مميز التردد *
corresponding . . . . .	مناظر
source, supply . . . . .	منبع
power supply . . . . .	منبع قدرة
channel selector, tuner . . . . .	منتخب ( متتقى ) القنوات *
characteristic (curve) . . . . .	منحنى مميز
amplitude-transfer characteristic . . . . .	منحنى تحويل الاتساع
transfer characteristic . . . . .	منحنى تحويل
light-transfer characteristic . . . . .	المنحنى التحويلى الضوئى

dynamic characteristic . . . . .	منحنى مميز دينامى
activator . . . . .	منشط
voltage regulator . . . . .	منظم فلتية
system . . . . .	منظومة ( نظام )
optical system . . . . .	منظومة بصرية
television system . . . . .	منظومة تلفزيونية
flying- spot system . . . . .	منظومة النقطة الطائرة *
blocking . . . . .	منع
balancing . . . . .	موازنة
specifications . . . . .	مواصفات
conductance (G) . . . . .	المواصلة
mutual conductance, transconductance, slope (S) . . . . .	المواصلة التبادلية
positive . . . . .	موجب
director . . . . .	موجه
wave . . . . .	موجة
carrier (wave) . . . . .	الموجة الحاملة
microwaves . . . . .	الموجات الدقيقة
ultrascort waves . . . . .	الموجات الشديدة القصر
travelling wave . . . . .	موجه متنقلة
stationary (standing) wave . . . . .	موجه مستقرة
pointer . . . . .	مؤشر
conductor . . . . .	موصل
conductivity . . . . .	موصلية
photo- conductivity . . . . .	الموصلية الكهروضوئية *
audiocontrol engineer . . . . .	مهندس الصوت
video engineer . . . . .	مهندس الصورة
composite . . . . .	مؤلف
tuner . . . . .	المولف * (منتخب القنوات)
monoscope . . . . .	المونوسكوب *
ripple . . . . .	مويجات ( منبع القدرة )
mega- (M) . . . . .	ميغا ( مليون )
megahertz (MHz) . . . . .	ميگاهرتز
micro- ( $\mu$ ) <sup>1</sup> . . . . .	ميكرو ( ١٠ ) <sup>-٦</sup>
microfarad ( F) . . . . .	ميكروفاراد

<sup>١</sup> حرف يونانى يلفظ « ميو »

microphone . . . . .	ميكروفون
micron . . . . .	ميكرون ( $10^{-6}$ متر )
milli- (m) . . . . .	ميل ( $\frac{1}{1000}$ )
milliampere (mA) . . . . .	ميل امبير

—ن—

rejection . . . . .	نبذ
pulse, impulse . . . . .	نبضة
horizontal pulses . . . . .	نبضات افقية ( تتالى بتردد المسح الافقى )
flyback (retrace) pulses . . . . .	نبضات الارتداد
blanking pulses . . . . .	نبضات الاطفاء ( الاظلام ) *
sync pulses . . . . .	نبضات التزامن *
serrated vertical sync pulse . . . . .	نبضة التزامن الرأسى المشرشرة *
equalizing pulses . . . . .	نبضات التعادل *
vertical pulses . . . . .	نبضات رأسية ( تتالى بتردد المسح الرأسى )
driving pulses . . . . .	النبضات الحافزة
neper . . . . .	نبر (وحدة توهين أوكسب)
device . . . . .	نبيطة
signal - to- noise ratio . . . . .	نسبة الإشارة الى الضوضاء
aspect ratio . . . . .	نسبة الشكل *
half- wave . . . . .	نصف موجى
luminance (photometric brightness) (B) . . . . .	النصوع *
flip- flop, bistable multivibrator . . . . .	النطاظ *
frequency band . . . . .	نطاق ( ترددى )
pass - band . . . . .	نطاق التمرير ( الامرار )
lower side band . . . . .	نطاق جانبى سفلى
upper side band . . . . .	نطاق جانبى علوى
narrow band . . . . .	نطاق ضيق
wide band . . . . .	نطاق عريض
supressed band . . . . .	نطاق مكبوت
system . . . . .	نظام (منظومة)
FCC (Federal communication commision)	النظام التلفزيونى الأمريكى *
system . . . . .	( نظام « الهيئة الاتحادية للاتصالات » )

CCIR (International Consultative Com- mittee of Radio) system . . . . .	النظام التلفزيونى الاوروبى الشرقى * (نظام « الهيئة الاستشارية الدولية للراديو »)
OIRT (International Organization of Radio and Television) system . . . . .	النظام التلفزيونى السوفيتى والاوروبى الشرقى * (نظام « المنظمة الدولية للراديو » والتلفزيون)
NTSC (National Television System Com- mittee) system . . . . .	نظام التلفزيون الملون الأمريكى (NTSC) (نظام « الهيئة القومية للانظمة التلفزيونية »)
	نظام التلفزيون الملون الالمانى الغربى (PAL) *
PAL (Phase Alternation Line) system . . . . .	(نظام « تناوب طورخط المسح »)
SECAM (Sequential Color and Memory) system . . . . .	نظام التلفزيون الملون الفرنسى السوفيتى (SECAM) * (نظام « تتابع الالوان والذاكرة »)
standard system . . . . .	نظام قياسى
portable . . . . .	نقال (نقال)
tue . . . . .	النقبة (اللون : تتحدد بالطول الموجى)
point, dot, spot . . . . .	نقطة
operating point . . . . .	نقطة التشغيل
cross- over (point) . . . . .	نقطة التقاطع
flying spot . . . . .	النقطة الطائرة
scanning point . . . . .	النقطة الماسحة
phosphorescent dot . . . . .	نقطة (حبيبة) متفسفرة
test pattern . . . . .	نمط (نموذج) الاختبار *
limit, end, terminal . . . . .	نهاية
specific . . . . .	نوعى
light . . . . .	نير
halo . . . . .	هالة
hertz (cycle per second) (Hz) . . . . .	هرتز (دور فى الثانية)
Henry . . . . .	هنرى
raster . . . . .	الهيكل الخطى
antenna, aerial . . . . .	هوائى
dipole antenna . . . . .	هوائى ثنائى القطب (ديبول) *
turnstile antenna . . . . .	هوائى على شكل حاجز دوار *

batwing antenna . . . . . هوائي على شكل جناحي الخفاش .  
 Yagi antenna . . . . . هوائي ياجي .

- و -

watt . . . . . واط  
 unit . . . . . وحدة  
 deflection unit . . . . . وحدة الانحراف \*  
 converter (unit) . . . . . وحدة التحويل \*  
 convergence unit . . . . . وحدة التقارب \*  
 monochrome . . . . . وحيد اللون  
 centring . . . . . وسطنة (مركزة)  
 middle, mean . . . . . وسطى  
 intermeat . . . . . وسيط  
 junction, joint . . . . . وصلة  
 p-n junction . . . . . وصلة p-n  
 jumper . . . . . وصلة تخطى  
 function . . . . . وظيفة  
 time (t) . . . . . وقت  
 rise time . . . . . وقت الصعود \*  
 flash . . . . . ومضة

- ي -

handle . . . . . يد (مقبض)  
 manual . . . . . يلى

## المحتويات

ص .

٥	.....	مقدمة
٧	.....	الفصل الاول . مبادئ هندسة الاضاءة وفيزيولوجيا الابصار
٧	.....	البند ١ - ١ مبادئ هندسة الاضاءة
١٤	.....	البند ١ - ٢ العين والابصار
١٨	.....	الفصل الثاني . المبادئ الاساسية للتلفزيون
١٨	.....	البند ٢ - ١ خصائص ارسال الصور كهربائيا
٢٠	.....	البند ٢ - ٢ الطرائق الاولى للارسال التلفزيوني
٢٤	.....	البند ٢ - ٣ التلفزة الالكترونية
٣٥	.....	الفصل الثالث . الابتعاث الكهروضوئي والموصلية الكهروضوئية وتكبير التيارات الكهروضوئية
٣٥	.....	البند ٣ - ١ الابتعاث الكهروضوئي
٣٩	.....	البند ٣ - ٢ الموصلية الكهروضوئية
٤١	.....	البند ٣ - ٣ خصائص تكبير التيارات الكهروضوئية
٤٢	.....	البند ٣ - ٤ تكبير التيارات الكهروضوئية بواسطة مضاعف الالكترونات
٥٠	.....	الفصل الرابع . اسس البصريات الالكترونية
٥٠	.....	البند ٤ - ١ معلومات عامة
٥٠	.....	البند ٤ - ٢ حركة الالكترون في المجال الكهربائي
٥١	.....	البند ٤ - ٣ حركة الالكترون في مجال مغنطيسي
٥٣	.....	البند ٤ - ٤ التركيز الالكتروستاتي
٥٦	.....	البند ٤ - ٥ التركيز المغنطيسي
٥٩	.....	البند ٤ - ٦ اوجه الاختلاف بين البصريات الالكترونية والضوئية
٦٠	.....	البند ٤ - ٧ التشويشات التي تسببها العدسات الالكترونية
٦٢	.....	البند ٤ - ٨ انحراف الشعاع الالكتروني
٦٩	.....	الفصل الخامس . انايبب الصورة
٦٩	.....	البند ٥ - ١ الحصول على الاشعة الالكترونية والتحكم فيها
٧٧	.....	البند ٥ - ٢ جهد السطح المقنوف بحزمة الكترونيات
٨١	.....	البند ٥ - ٣ الضيائية الكاثودية



البند ٥ - ٤	بارامترات الشاشات وخواصها المميزة	٨٣
البند ٥ - ٥	المنة الشاشة	٨٩
البند ٥ - ٦	خصائص تصميم انايب الصورة	٩٠
البند ٥ - ٧	القيم والخواص المميزة لانايب الصورة	٩٤
البند ٥ - ٨	دائرة توصيلات انبوب الصورة	٩٦
البند ٥ - ٩	قواعد صيانة انايب الصورة	٩٧
الفصل السادس .	انايب التصوير التلفزيونى	٩٩
البند ٦ - ١	معلومات عامة	٩٩
البند ٦ - ٢	الايكونوسكوب	١٠٠
البند ٦ - ٣	ايكونوسكوب الصورة	١٠٣
البند ٦ - ٤	اورثيكون الصورة	١٠٧
البند ٦ - ٥	الفيدىكون	١١٤
البند ٦ - ٦	فكرة عن المنحنيات الضوئية التحويلية	١١٨
البند ٦ - ٧	المونوسكوب	١١٩
الفصل السابع .	المسح التلفزيونى وطيف الاشارة التلفزيونية	١٢٠
البند ٧ - ١	المسح التقدى	١٢٠
البند ٧ - ٢	الطيف الترددى لاشارة الصورة فى حالة المسح التقدى	١٢٢
البند ٧ - ٣	بيان الصورة التلفزيونية	١٢٨
البند ٧ - ٤	اختيار بارامترات المسح التقدى	١٣٠
البند ٧ - ٥	المسح بتردد اطارى منخفض	١٣٢
البند ٧ - ٦	تركيب الطيف الترددى للاشارة التلفزيونية	١٣٤
البند ٧ - ٧	المسح المتشابهك	١٣٩
البند ٧ - ٨	البارامترات الاساسية للانظمة التلفزيونية المصرية	١٤٣
البند ٧ - ٩	اشكال خاصة للمسح	١٤٤
الفصل الثامن .	الاشارة الصورية المؤلفة وتكوينها	١٤٧
البند ٨ - ١	معلومات عامة عن الاشارة الصورية المؤلفة	١٤٧
البند ٨ - ٢	تكوين اشارة الصورة ، وفكرة عن مستوياتها	١٤٨
البند ٨ - ٣	المركبة المستمرة لاشارة الصورة	١٥٠
البند ٨ - ٤	تركيب النبضات الافقية	١٥٣
البند ٨ - ٥	تركيب النبضات الرأسية فى حالة المسح التقدى	١٥٥
البند ٨ - ٦	فصل نبضات التزامن فى جهاز الإستقبال التلفزيونى	١٥٦
البند ٨ - ٧	المرحلة الفاصلة لاشارة التزامن	١٥٩
البند ٨ - ٨	الشكل الموجى لاشارة التزامن المؤلفة ، فى حالة المسح المتشابهك	١٢٦

البند ٨-٩	مولدات التزامن للمسح التلقئى	١٦٧
البند ٨-١٠	مولدات التزامن للمسح المتشابه	١٧٠
البند ٨-١١	النطاط (المذبذب المتعدد الثنائى الاستقرار)	١٧٢
الفصل التاسع	تكبير الاشارات الصورية	١٧٦
البند ٩-١	خصوصيات تكبير الاشارات الصورية	١٧٦
البند ٩-٢	الخصائص الاساسية للمكبرات الصورية	١٧٦
البند ٩-٣	تشوهات الاشارة الصورية	١٧٨
البند ٩-٤	الاستجابة العابرة للمكبر الصورى	١٧٩
البند ٩-٥	تأثير تشوهات الشكل الموجى للاشارة الصورية على الصورة التلفزيونية	١٨١
البند ٩-٦	المتطلبات الاساسية لتكبير الاشارة الصورية	١٨٣
البند ٩-٧	المكبر الصورى ذو الاستجابة غير المعادلة	١٨٤
البند ٩-٨	معادلة استجابة المكبر الصورى عند الترددات السفلى	١٨٨
البند ٩-٩	معادلة استجابة المكبر الصورى عند الترددات العليا	١٨٩
البند ٩-١٠	المكبر المقرن من الكاثود (التابع الكاثودى)	١٩٢
البند ٩-١١	المكبر الصورى المتعدد المراحل	١٩٤
البند ٩-١٢	المكبرات الصورية الترانزستورية	١٩٥
البند ٩-١٣	المكبرات الصورية المتقدمة	١٩٧
البند ٩-١٤	تصحيح التشوهات اللاخطية (تصحيح غاما المنحنى التحويلى)	١٩٩
البند ٩-١٥	تصحيح التشوه الناجم عن النقطة الماسحة (تصحيح « الفتحة »)	٢٠٢
الفصل العاشر	مولدات المسح التلفزيونى	٢٠٥
البند ١٠-١	فكرة عامة عن مولدات المسح	٢٠٥
البند ١٠-٢	الشكل الموجى للفلطية المطلقة على ملفات الانحراف	٢٠٦
البند ١٠-٣	الرسم التخطيطى لمرحلة مولد المسح التلفزيونى	٢٠٧
البند ١٠-٤	مذبذبات المسح	٢٠٨
البند ١٠-٥	دائرة تشكيل الفلطية الحافظة	٢١٢
البند ١٠-٦	مرحلة خرج مولد المسح الافقى	٢١٥
البند ١٠-٧	مرحلة خرج مولد المسح الرأسى	٢٢٣
البند ١٠-٨	المزامنة الدفعية لمولدات المسح	٢٢٥
البند ١٠-٩	مزامنة مولدات المسح الافقى بطريقة التحكم الاوتوماتى فى التردد	٢٣٠
البند ١٠-١٠	التشوهات الهندسة لهيكل الخطى	٢٣٣
البند ١٠-١١	مولدات المسح لانايب الصورة الزاوية	٢٣٧
البند ١٠-١٢	دوائر المسح الترانزستورية	٢٤١
البند ١٠-١٣	دائرة المسح الرأسى الترانزستورية	٢٤٣
البند ١٠-١٤	مرحلة الخرج الافقى الترانزستورية	٢٤٥

٢٥١	الفصل الحادى عشر . قنوات ارسال الاشارات التلفزيونية
٢٥١	البند ١١-١ ارسال اللاسلكى للاشارات التلفزيونية
٢٥٦	البند ١١-٢ جهاز الارسال
٢٦٠	البند ١١-٣ قنوات الاذاعة التلفزيونية
٢٦٢	البند ١١-٤ خطوط الارسال اللاسلكى
٢٦٣	البند ١١-٥ الارسال اللاسلكى عن طريق الاقمار الاصطناعية
٢٦٦	البند ١١-٦ ارسال الاشارات التلفزيونية بالخطوط السلكية
٢٦٨	الفصل الثانى عشر . هوائيات التلفزيون
٢٦٨	البند ١٢-١ فكرة عامة عن هوائيات التلفزيون
٢٦٨	البند ١٢-٢ بارامترات الهوائيات
٢٧٠	البند ١٢-٣ خطوط التغذية
٢٧٤	البند ١٢-٤ هوائيات الموجات المترية
٢٨٢	البند ١٢-٥ هوائيات الموجات الدقيقة
٢٨٣	البند ١٢-٦ هوائيات الارسال التلفزيونى
٢٨٦	الفصل الثالث عشر . اجهزة الاستقبال التلفزيونى
٢٨٦	البند ١٣-١ وصف عام لاجهزة الاستقبال التلفزيونى
٢٩١	البند ١٣-٢ قسم ترددات اللاسلكى
٣٠٤	البند ١٣-٣ قناة الصورة
٣٢٧	البند ١٣-٤ قناة الصوت
٣٣٣	البند ١٣-٥ وسائل توليف وضبط اجهزة التلفزيون
٣٣٥	البند ١٣-٦ وحدة تغذية جهاز التلفزيون
٣٤٠	الفصل الرابع عشر . التلفزيون الملون
٣٤٠	البند ١٤-١ ابصار الالوان
٣٤٢	البند ١٤-٢ انابيب الصورة الثلاثية الالوان
٣٤٤	البند ١٤-٣ أنظمة التلفزيون الملون
٣٤٧	البند ١٤-٤ الانظمة المتألّفة المصرية للتلفزيون الملون
٣٥٠	البند ١٤-٥ كاميرات التصوير التلفزيونى الملون المتعدد الانابيب
٣٥١	البند ١٤-٦ كاميرا التصوير التلفزيونى الملون ذات النقطة الطائرة
٣٥٢	البند ١٤-٧ مصفوفات الترامز
٣٥٤	البند ١٤-٨ الحد من عرض نطاق اشارة الاختلاف اللونى
٣٥٥	البند ١٤-٩ طريقة التعديل التامدى
٣٦٢	البند ١٤-١٠ نظام التلفزيون الملون المتألّف HTSC
٣٦٥	البند ١٤-١١ نظام التلفزيون الملون المتألّف PAL

٣٦٧	.....	SECAM	نظام التلفزيون الملون المتآلف
٣٧٦	.....	SECAM	البند ١٤-١٣ جهاز الاستقبال الملون لنظام
٣٨٣	.....		الفصل الخامس عشر . تسجيل الصور التلفزيونية
٣٨٣	.....		البند ١٥-١ معلومات عامة
٣٨٣	.....		البند ١٥-٢ التسجيل السينمائي من شاشة انبوب الصورة ( الكاينسكوب )
٣٨٤	.....		البند ١٥-٣ التسجيل المغنطيسي لاشارات الصورة
٣٨٩	.....		البند ١٥-٤ اجهزة التسجيل الصوري المهنية العالية الجودة
٣٩٠	.....		البند ١٥-٥ اجهزة التسجيل الصوري المبسطة
٣٩١	.....		البند ١٥-٦ اعادة الانتاج البطيء للتسجيلات الصورية
٣٩٢	.....		الفصل السادس عشر . تكنولوجيا الاذاعة التلفزيونية
٣٩٢	.....		البند ١٦-١ محطات التلفزيون
٣٩٣	.....		البند ١٦-٢ قسم الاستوديوهات واجهزتها
٤٠٠	.....		البند ١٦-٣ التأثيرات الخاصة في الاذاعة التلفزيونية
٤٠٢	.....		البند ١٦-٤ سيارة التلفزة الخارجية
٤٠٤	.....		البند ١٦-٥ محطة الارسال اللاسلكي التلفزيونية
٤٠٥	.....		البند ١٦-٦ محطات الارجال التلفزيونية منخفضة القدرة
٤٠٥	.....		البند ١٦-٧ تحويل القياسات التلفزيونية
٤٠٥	.....		البند ١٦-٨ المنظومات المقفلة للاذاعة التلفزيونية
٤٠٧	.....		الفصل السابع عشر . توليف وضبط الاجهزة التلفزيونية
٤٠٧	.....		البند ١٧-١ فكرة عامة
٤٠٧	.....		البند ١٧-٢ نمط الاختبار التلفزيوني
٤١١	.....		البند ١٧-٣ اجهزة المونوسكوب
٤١٢	.....		البند ١٧-٤ المولدات الكهربائية لاشارات الاختبار
٤١٤	.....		البند ١٧-٥ اجهزة قياس الاستجابة الترددية ( مولدات الاكساح )



